

UNIVERSIDADE DE LISBOA
FACULDADE DE LETRAS
DEPARTAMENTO DE HISTÓRIA



Os instrumentos náuticos na obra de Pedro Nunes

Paulo Jorge Antunes Nunes

N.º 41591

MESTRADO DE HISTÓRIA MARÍTIMA
2012

UNIVERSIDADE DE LISBOA
FACULDADE DE LETRAS
DEPARTAMENTO DE HISTÓRIA



Os instrumentos náuticos na obra de Pedro Nunes

Paulo Jorge Antunes Nunes

N.º 41591

MESTRADO DE HISTÓRIA MARÍTIMA

ORIENTADORES:

PROFESSOR DOUTOR FRANCISCO CONTENTE DOMINGUES
DOUTOR ANTÓNIO COSTA CANAS

2012

RESUMO

Pedro Nunes foi o maior matemático da Península Ibérica no século XVI. Exerceu as funções de cosmógrafo e apresentou uma visão científica da arte de navegar. Foi precursor no estudo da náutica, dando-lhe um cunho de ciência. Aplicou a lógica matemática e a geometria para explicar as metodologias e elementos fundamentais na navegação. Nos seus diversos trabalhos dedicou-se ao estudo dos crepúsculos, da carta náutica e dos métodos de determinação da latitude, entre outros.

Os contributos de Pedro Nunes para a história da ciência, evolução da astronomia e da navegação enquanto ciência foram indiscutíveis e salientados pelos seus pares. Contudo, relativamente ao seu papel na evolução da marinharia do seu tempo, já não conseguimos verificar uma opinião tão unânime. Todavia, esta questão ainda não foi devidamente fundamentada por algum estudo que se preste a esse objectivo específico.

Neste trabalho estudámos os instrumentos de navegação propostos por Pedro Nunes nas suas obras. Ao longo dos seus estudos detectou lacunas na instrumentação à disposição dos pilotos da sua época, que prontamente procurou resolver com novas soluções para aumentar o rigor das observações.

Estudámos os seguintes instrumentos: lâmina de sombras, instrumento jacente, anel náutico e nónio. Procurámos entender de que forma estes instrumentos podiam ser empregues, quais as utilizações que deles se fizeram na marinharia de quinhentos e de que forma foram referidos pelos autores posteriores, que publicaram obras na área da náutica e astronomia.

Palavras Chave - Instrumentos náuticos, latitude por alturas extrameridianas ao Sol, declinação magnética, anel náutico, nónio.

ABSTRACT

Pedro Nunes was the greatest mathematician of the Iberian Peninsula in the sixteenth century. He exercised the functions of cosmographer and presented a reformist vision of the art of navigation. He was a precursor in solve nautical problems using complex maths tools. He applied mathematical logic and geometry to explain the methodologies and other important subjects in the navigation. He devoted himself to the study of twilight, the nautical chart and the methods for determination of latitude, among others.

The contributions from Pedro Nunes to the history of science and the evolution of astronomy and scientific navigation are indisputable. We found many references to their works among the sixteenth century scientific community. However, the role of Nunes in the evolution of the art of navigation is not clear. We did not find an unanimous opinion about this matter. This issue was not deeply studied yet, and until someone dedicates a study to understand the relation between Nunes and the seamanship we can't elaborate any rigorous opinion.

We study the navigation instruments proposed by Pedro Nunes in his works. Throughout his studies, the cosmographer had found accuracy limitations in the nautical instruments available for the mariners, and promptly propose new ones, which increase the accuracy of the observations and offered alternatives to the latitude calculation process.

In this work we have examined the following instruments: instrument of shadows, a new instrument to find the altitude of sun, nautical ring and nonius. We try to understand how those instruments could be used, we looked to sources trying to find records about Nunes's nautical instruments among seamanship community, and also, we try to understand how the instruments were cited by later books about astronomy and nautical studies.

Key Words - Nautical Instruments, latitude by sun's heights at any time of day, magnetic variation, nautical ring, nonius.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho só foi possível graças a um conjunto pessoas que me prestaram apoio e sugestões fundamentais.

E em primeiro lugar agradeço aos meus amigos e família, à minha mulher que com imensa paciência me acompanhou e incentivou.

Agradeço aos meus orientadores, Professor Francisco Contente Domingues e Comandante António Costa Canas, por todas as valiosas sugestões que balizaram a minha investigação e pela paciência com que me acompanharam, estou certo que sem a sua colaboração, ajuda científica e palavra amiga este projecto não teria alcançado o sucesso.

Ao corpo docente do Mestrado de História Marítima que desde o primeiro momento me têm prestado todo o apoio e encorajamento vão também os meus sinceros agradecimentos.

Índice

Introdução	13
 I Pedro Nunes e a arte de Navegar	 17
1 Pedro Nunes: O Homem e a obra	19
2 A arte de navegar até Pedro Nunes	35
3 Instrumentos náuticos no século XVI	51
 II Instrumentos náuticos de Pedro Nunes	 71
1 Lâmina de Sombras	73
2 Instrumento Jacente	113
3 Anel Náutico	121
4 Nónio	137
 Conclusão	 151
 Fontes e Bibliografia	 155

Lista de Figuras

1.1	Árvore geneológica da descendência de Pedro Nunes (Baseada na descendência apresentada por António Baião na obra citada)	24
1.2	Autógrafos de Pedro Nunes (Publicados no catálogo da exposição <i>Pedro Nunes 1502-1578, Novas terras, novos mares e o que mays he: novo ceo e novas estrellas</i>)	33
2.1	Imagem da toleta de marteloio (Presente no Atlas de Andrea Bianco de 1436) .	39
2.2	Representação de uma roda do regimento do norte (retirado do <i>Reportório dos Tempos</i> de Valentim Fernandes de 1518)	47
2.3	Representação de um instrumento para facilitar a aplicação do Regimento do Norte publicado no <i>Prática e arte de navegar</i> de Luiz Serrão Pimentel de 1681 e a constelação da Ursa Menor na actualidade	47
2.4	Representação do movimento aparente do Sol na eclíptica (retirado do <i>American Practical Navigator</i> 2002)	48
2.5	Representação do Zodíaco (retirado do <i>American Practical Navigator</i> 2002) . . .	48
2.6	Representação gráfica do Regimento da estrela do sul (retirado do <i>Livro de Marinaria de João de Lisboa</i>	49
2.7	Regimento do Cruzeiro do Sul e da estrela do norte (presente no Atlas de Bartolomeu Velho de 1560)	49
3.1	Representação dos 32 ventos da Rosa-dos-ventos da agulha de Marear (retirado do <i>Compêndio da arte de Navegar</i> de Rodrigo Zamorano de 1591)	53
3.2	Representação de um nocturlábio (reprodução a partir da <i>Arte de Navegar</i> de Martin Cortez de 1551)	56
3.3	Translação da Terra num dia sideral	56
3.4	Modo de utilização do nocturlábio (reprodução a partir da <i>Cosmographia</i> de Pedro Apiano de 1575)	57

3.5	Representação de um quadrante náutico (imagem retirada da <i>Instrucion Nauthica</i> do Diego García de Palacio de 1587)	67
3.6	Ilustração de um quadrante (retirada dos <i>Libros del saber</i>)	67
3.7	Imagem do quadrante náutico do século XVI (imagem retirada do <i>Reportório dos Tempos</i> publicado por Valentim Fernandes em 1563)	68
3.8	Representação do quadrante de Davis e do quadrante de um arco (imagem retirada da <i>Arte de Navegar</i> de Manuel Pimentel de 1746)	68
3.9	Representação de um astrolábio (Retirado do livro do astrolábios plano que se encontra nos <i>Libros del Saber de Astronomia</i>)	69
3.10	Representação de um astrolábio náutico (imagem retirada da <i>Instrucion Nauthica</i> do Diego García de Palacio de 1587)	69
3.11	Representação da paisagem do Sol através do astrolábio náutico (imagem retirada do Regimiento de Navegacion de Pedro de Medina de 1545)	70
3.12	Representação da utilização da Balestilha ou Báculo (imagem retirada da Cosmographia de Pedro Apiano de 1575)	70
1.1	Representação da loxodrómica (imagem recolhida do <i>Tiphys Batavus</i> de 1624) .	74
1.2	Representação da lâmina das sombras por Luciano Pereira da Silva	76
1.3	Instrumento de Francisco Faleiro (apresentado na sua <i>Arte de navegar</i> de 1535 .	84
1.4	Reconstituição do instrumento de Francisco Faleiro por Luciano Pereira da Silva	88
1.5	Exemplificação do método de determinação da variação da agulha de Pedro Nunes (imagem retirada dos <i>Estudos de História</i> de Luís de Albuquerque)	95
1.6	Representação da poma utilizada no método das alturas extrameridianas (representação publicada por Luciano Pereira da Silva)	101
1.7	Lâmina das sombras proposta por Pedro Nunes (figura retirada da edição original do <i>Tratado da Sphaera</i> de 1537)	102
1.8	Descrição gráfica do segundo método de obtenção da altura do pólo por extrameridianas (figura retirada do original do <i>Tratado da Sphaera</i> de 1537)	102
1.9	Representação da marcação das alturas extrameridianas e azimutes ao sol	103
1.10	Representação de um compasso redondo (imagem retirada do <i>Libro dell Astrolabio redondo</i>)	104
1.11	Instrumento presente no códice de Manuel Lindo	110

1.12	Triângulos isósceles que eram adaptados ao instrumento	110
2.1	Descrição gráfica instrumento jacente no plano (figura retirada da edição original do <i>De arte atque ratione navigandi</i> de 1573)	114
2.2	Representação esquemática do instrumento jacente no plano (figura retirada de <i>Instrumentos de Navegação</i> de Luís de Albuquerque)	115
2.3	Representação de um instrumento com o plano vertical e estilete paralelo ao horizonte (imagem retirada da obra <i>Almagestum</i> de 1515)	119
3.1	Representação de um astrolábio náutico (imagem retirada da <i>Instrucion Nauthica</i> do Diego García de Palacio de 1587)	122
3.2	Imagem do anel náutico (presente na obra <i>Petri Nonnii Salaciensis Opera</i>) . . .	123
3.3	Imagem do «anel náutico» (presente no manuscrito <i>Tratado del Arte de Navegar</i> de João Baptista Lavanha)	125
3.4	Imagem do anel náutico (presente na <i>Arte de Navegar</i> do P ^e Simão de Oliveira)	125
3.5	Imagem do anel náutico (presente na <i>Arte de Navegar</i> de Manuel Pimentel) . .	127
3.6	Ilustração do anel astronómico utilizado pelo Padre Louis Feuillé	130
3.7	Representação do «l' anneau astronomique» (imagem retirada de <i>L' Art de Naviger</i> de Pe Claude François Millet Dechaies)	131
3.8	Representação do «Quarré Geometrique» (imagem retirada de <i>L' Art de Naviger</i> de P ^e Claude François Millet Dechaies)	133
3.9	Representação do «l' anneau gradué» (imagem retirada de <i>Hydrographie</i> de Pe Georges Fournier)	134
3.10	Imagem do anel náutico (imagem retirada do <i>Regimento de Navegación</i> de Andrés Garcia de Céspedes)	134
3.11	Representação do «anel náutico» (imagem retirada da obra <i>Seaman's Secrets</i> de John Davis)	135
4.1	Imagem do nóio (imagem retirada da edição <i>De Crepusculis</i> de 1541)	138
4.2	Ilustração do astrolábio descrito por Martin Cortes na <i>Arte de Navegar</i>	143
4.3	Ilustração existente no <i>Dell' Arcano dell Mare</i> do quadrante construído por James Kynuyn dotado de nóio.	145

4.4	Representação do nóio (imagem retirada do <i>Tratado del Arte de Navegar</i> de João Baptista Lavanha)	146
4.5	Representação do quadrans minor de Tycho Brahe (imagem retirada de <i>Astronomiae instauratae Mechanica</i> de Thyco Brahe)	148
4.6	Representação do nóio (imagem retirada do <i>Regimiento de Navegacion</i> de Andrés Garcia de Céspedes)	149

Introdução

Em fins dos anos trinta do século XVI surgia a primeira obra escrita de Pedro Nunes. Nessa altura, o Estado da Índia, espaço geográfico de interesse estratégico para o reino de Portugal, a leste do cabo da Boa Esperança, tinha atingido a estrutura organizacional padrão que perdurou nos anos seguintes. Os reinos Ibéricos tinham definidas as suas áreas de influência marítima através do Tratado de Tordesilhas, celebrado em 1494 e assumiam o seu papel de potências imperiais. Dominavam o mar e, através dele, extensos espaços geográficos. O comércio marítimo era o motor da economia e Lisboa assumia o papel de principal entreposto comercial na Europa renascentista.

Os navegadores conduziam os navios de alto bordo nas viagens intercontinentais, principalmente naus carregadas de produtos exóticos, utilizando os conhecimentos da astronomia e instrumentos simples para obter a latitude no mar. A actividade comercial dependia da chegada segura dos navios através das técnicas conhecidas de navegação.

O Renascimento foi um período de intensa alteração dos conhecimentos geográficos medievais profundamente moldados pela geografia de Ptolomeu. Foi no clima de mudança que Portugal viu nascer o matemático Pedro Nunes no ano de 1502. Porventura, este terá sido o expoente máximo do Renascimento português. Foi precursor na ciência náutica e moldou a cosmografia. Soube utilizar de forma brilhante a geometria euclidiana para teorizar sobre o conhecimento astronómico clássico de Sacrobosco e Ptolomeu. A sua obra é marcada pelo esforço científico na procura da perfeição, a sua crítica positiva dos pensamentos clássicos incompletos ou incorrectos tornou a matemática a principal ferramenta na procura das fundamentações teóricas.

Pedro Nunes foi o primeiro Cosmógrafo-mor do reino, desempenhou as funções desde 22 de Dezembro de 1547 até à data do seu falecimento. Durante a sua carreira procurou aplicar os conhecimentos de geometria na resolução de problemas práticos da navegação e criar instru-

mentos náuticos que ajudassem os navegadores no desempenho das suas funções. O seu esforço manifestou-se na produção de várias obras que chegaram até aos nossos dias e nos permitem hoje reconhecer o pioneirismo das soluções por ele propostas. A destacar – *Tratado da Sphera* (1537), *De crepusculis* (1541), *Petri Nonii Salaciensi Opera* (1566). Esta última impressa em Basileia longe da supervisão do matemático. A obra apresentava um boa qualidade gráfica, todavia, apresentava gralhas no conteúdo que desagradaram o autor e levaram a uma nova edição: *De arte atque ratione navigandi*, impressa em Coimbra, em 1573.¹

Pedro Nunes foi um homem fora do seu tempo. As suas soluções teóricas e os instrumentos que imaginou estavam para lá do entendimento dos marítimos seus contemporâneos. A resistência à mudança proposta pelo matemático foi inevitável.

Analisar o valor científico de Pedro Nunes tendo como referência a utilização de técnicas e instrumentos entre os marítimos é um exercício demasiado redutor, os homens do mar que não possuíam a capacidade de abstracção necessária para o entendimento da matemática, geometria e astronomia. O estudo do contributo do cosmógrafo para a ciência, deve ser feito segundo a observação da perspectiva evolutiva do conhecimento entre os sucessivos cosmógrafos e astrónomos, que utilizaram a produção científica de Nunes e a perpetuaram na astronomia e na navegação.

O objectivo da dissertação será fazer uma análise dos instrumentos náuticos propostos na obra do cosmógrafo. Qual a utilização prática da lâmina das sombras, do instrumento jacente, do anel náutico e do nónio. Encontrámos várias referências à utilização desses instrumentos entre astrónomos que nos legaram a sua impressão através dos seus textos.

Hoje, sabemos que os práticos não utilizaram os instrumentos de Pedro Nunes. As estruturas sociais são resistentes à mudança e negam o elemento externo e inovador.

Os Homens do mar contestavam-no pela ausência de experiência prática, não o aceitavam como seu igual e não o entendiam. Sabemos que a relação entre o cosmógrafo e os práticos não era cordial. Os poucos conhecimentos dos pilotos não lhes permitiam ver o carácter inovador das soluções apresentadas. Algumas delas úteis, como o nónio, requeriam o uso da aritmética, tarefa para qual os pilotos não estavam preparados.

Conhecemos a utilização do anel náutico fora do contexto da náutica. Porém, não repre-

¹Nunes, *Obras. De arte atque ratione navigandi*, p. 517-32. Depois da sua morte foram publicadas mais edições. A comissão científica encarregada da edição das obras de Pedro Nunes apresenta um estudo sobre as várias edições das *Petri Nonii Salaciensis Opera* nas anotações gerais ao vol. IV

sentava uma mais-valia em comparação com o astrolábio. Para ser eficaz requeria a utilização dos conhecimentos actuais de óptica, o recurso a uma lente que concentrasse os raios solares.

O instrumento jacente requeria o desenvolvimento de sistemas que compensassem o balanço e mantivessem o nível do instrumento. Equipamentos que não estavam disponíveis na altura.

A lâmina das sombras seria o instrumento que mais utilidade teria na náutica. Os pilotos preocupavam-se em conhecer a declinação magnética nos diferentes locais. Usavam-na como conhecida no mar e alguns acreditavam que através dela podiam conhecer a longitude. Contudo, mais tarde ficou comprovado que o conhecimento da declinação não era uma solução possível para o problema da determinação da longitude. No âmbito deste trabalho não iremos abordar o desenvolvimento da determinação da longitude.

Falaremos da determinação da latitude por alturas extrameridianas em todo o momento do dia em que houver sol. Esse método original foi apresentado pela primeira vez por Pedro Nunes. Era possível de utilizar recorrendo a azimutes magnéticos com condições especiais de observação. O instrumento tinha de estar fora da influência de objectos magnéticos e o sol não poderia estar muito perto do zénite para que a variação azimutal fosse sensível. Enfim, várias condições difíceis de obter: não podemos esquecer que os pilotos na altura não conheciam o fenómeno do magnetismo e das diversas influências que as agulhas podiam sofrer. O método foi experimentado por D. João de Castro, um homem com visão e entendimento. A sua formação permitiu-lhe entendê-lo e aplicá-lo, conseguindo alguns valores iguais aos obtidos pelos pilotos no momento da passagem meridiana.

Os pilotos tinham poucos conhecimentos teóricos, com frequência cometiam erros e enganar-se na determinação da latitude. Manuel Lindo, autor de um tratado de navegação de 1539, refere-se a essa reduzida capacidade.

O monarca, consciente da importância do comércio marítimo para a economia do reino, começou um programa de desenvolvimento da navegação com a criação de um cargo de Cosmógrafo, para supervisão da capacidade técnica dos pilotos e dos artífices construtores de instrumentos náuticos e cartas. O regimento do cosmógrafo-mor de 1592 estabelecia a «obrigatoriedade de exame para pilotos, sotapilotos, mestres, contramestres e guardiães»²

Embora tenham sido empreendidos esforços na instrução dos pilotos, muitos conduziam os destinos dos navios da carreira da Índia com conhecimentos deficientes. No final do século XVI,

²Mota, «Os Regimentos do cosmógrafo-mor de 1559 e 1592 e as origens do ensino náutico em Portugal», p. 36.

em 1585, o holandês Linschoten ainda refere a fraca formação dos pilotos e «a inexperiência dos marinheiros»³. A meio do século XVII, no ano de 1654, o padre António Vieira apresenta-nos a incapacidade dos pilotos no sermão da quinta dominga da quaresma proferido na Igreja Maior da Cidade de São Luís no Maranhão - «Quer pesar o sol um piloto nesta cidade onde estamos, e não no porto, onde está surto o seu navio, senão com os pés em terra: toma o astrolábio na mão com toda a quietação e segurança. E que lhe acontece? Coisa prodigiosa! Um dia acha que está o Maranhão em um grau, outro dia em meio, outro dia em dois, outro dia em nenhum. E esta é a causa por que os pilotos que não são práticos nesta costa, areiam, e se têm perdido tantos nelas. De maneira que o sol, que em toda a parte é a regra certa e infalível por onde se medem os tempos, os lugares, as alturas, em chegando à terra do Maranhão, até ele mente.»⁴.

Os relatos anteriores demonstram que o sistema de ensino criado para melhorar a formação técnica dos pilotos terá falhado, foi incapaz de resolver as limitações registadas por Pedro Nunes um século antes.

Esperamos esclarecer o nosso leitor sobre a amplitude da utilização dos instrumentos de Pedro Nunes. Faremos uma análise dos seus contributos para a navegação como ciência. Tentaremos explicar ao leitor a importância das suas inovações no enquadramento da astronomia náutica e o desenvolvimento das ciências relacionadas com a determinação da forma da terra e posicionamento sobre a sua superfície. As técnicas de navegação astronómica foram os únicos métodos de posicionamento de navios no mar até o advento do radioposicionamento, permitiram posicionar os territórios e determinar a sua forma.

³Linschoten, *The voyage of John Huygen Van Linschoten to the East Indies from the old English translation of 1598*, pp. 188-199.

⁴*Literatura Digital*, acedido em Junho de 2012.

Parte I

Pedro Nunes e a arte de Navegar

Capítulo 1

Pedro Nunes: O Homem e a obra

Apontamento biográfico sobre Pedro Nunes

Pedro Nunes é um vulto de referência do pensamento científico português no século XVI. Foi um homem que marcou o seu tempo de uma forma só possível aos grandes génios criadores. Desempenhou pela primeira vez as funções de Cosmógrafo-mor do reino de Portugal numa época em que o desenvolvimento do país esteve intimamente ligado à navegação transoceânica.

A Historiografia moderna ainda não apurou os laços familiares que o precederam. Os seus descendentes viram-se envolvidos em processos da Inquisição, foi o estudo dessas fontes que permitiu conhecer vários detalhes biográficos de Pedro Nunes. Para este vazio de conhecimento contribuiu o desaparecimento do espólio pessoal do mestre, acontecimento infeliz que nos é dado a conhecer por Joaquim de Carvalho, na introdução da *Defensão do tratado da rumação do globo para a arte de navegar*.¹

Pedro Nunes seria um homem discreto e um dos mais habilidosos matemáticos da Península Ibérica, homem de grande prestígio em Portugal e na Europa renascentista. Foi instrutor dos filhos da realza portuguesa, como nos é dado a conhecer por Damião Góis na *Crónica do Felicissimo Rei D. Manuel*.

Nas artes liberaes teue por mestre ho doctor Pero nunez Portuhues de nasçam, que foi nellas hum dos doctos homens de seu tempo[...] ²

¹Carvalho, «Pedro Nunes, Defensão do tratado da rumação do globo para a arte de navegar», pp. V-XXXIII.

²Góis, *Chronica do Felicissimo Rei Dom Emanuel composta per Damiam de Goes diuidida em quatro partes....* fol. 103. Obra consultada em formato digital na página da Biblioteca Nacional de Portugal no endereço:

No mundo científico granjeou o respeito entre os pares, como ficou demonstrado por Henrique Leitão no estudo: *Sobre a difusão europeia da obra de Pedro Nunes*.³ Foi uma mente pioneira em ideias que revolucionaram a arte de navegar. Falou pela primeira vez nas curvas loxodrómicas e identificou os problemas associados à planificação da esfera e construção das cartas de navegar. Publicou várias obras em Português, Castelhana e Latim, onde demonstrou a elevada qualidade do seu trabalho e a sua reputação enquanto geómetra e cosmógrafo.

O expoente do seu reconhecimento externo será talvez o facto de ter recebido convite para se pronunciar sobre a reforma do calendário Juliana ordenada pelo papa Gregório XIII, aplicada no ano de 1582, alguns anos após a morte do matemático. A sua opinião chegou até nós através de Fr. Luís de Sotto Mayor. Pedro Nunes não deu resposta escrita devido ao seu estado de debilidade física. Tal é possível apurar através da carta de Monsenhor Roberto Fontana. Em 3 de Agosto de 1578, dava a conhecer a Roma o motivo da ausência de resposta por parte de Pedro Nunes — «por estar velho e enfermo».⁴

O doutor Pero Nunez cosmographo moor estando na cama muito doente poucos dias antes que morresse, me disse por vezes que S. A. lhe mandara que visse hú certo tratado enviado pello Santo Padre de celebratione Paschae para que scrivesse o seu parecer acerca disto. E que por elle estar tao doente não podia fazer isto como desejava; mas porque elle não era de parecer que se fizesse nhũa mudança no Kalendario acerca deste ponto e que era melhor proceder desta maneira que precede a igreja catholica tantos anos há que não fazer esta novidade, porque de nhũa maneira se podem evitar as inconvenientes, nem as regras que o Autor do sobredito tratado daa são muito certas, antes são incertas e falsas ou falliveis, como elle dedeterminara mostrar se não morrera tão depressa. Em fee disto asiney aqui de minha mão. Oje dia de S. Caterina martyr 1578.

Fr. Luis de Sotto mayor

<http://purl.pt/14704/2/> (Acedido em Agosto de 2011).

³Leitão, «Sobre a difusão europeia da obra de Pedro Nunes», pp. 110-28. Neste artigo Henrique Leitão apresenta um estudo muito interessante sobre as ligações pessoais que Pedro Nunes estabeleceu com vários matemáticos e cosmógrafos seus contemporâneos.

⁴Carvalho, «Pedro Nunes, Defensão do tratado da rumação do globo para a arte de navegar», p. XIII. A declaração enviada pelo Fr. Luis de Sotto Mayor em 30 de Agosto de 1578 expressava a opinião de Pedro Nunes. Falecido em 11 de Agosto de 1578.

Pedro Nunes nasceu em 1502 - «Anno Domini 1502 quo ego natus sum» - em Alcácer do Sal: «Petri Nonii Salaciensis».⁵

Por défice de informação biográfica não pode ser provada a origem Judaica de Pedro Nunes, contudo, existe consenso geral entre os historiadores de que o seu nascimento terá ocorrido no seio de uma família cristã-nova. Rodolfo Guimarães baseando-se no que é dito por Joseph del Medigo defendeu esta opinião.⁶

Embora Nunes tenha origem judaica, na sua obra não transparecem as suas raízes hebraicas. Pelo contrário, encontra-se pejada de referências cristãs a santos e a datas de tradição cristã. Através dos estudos de António Baião sabemos que Pedro Nunes foi cavaleiro da ordem de Cristo⁷. Pelo seu prestígio, nem ele nem os seus filhos foram alvo da inquisição. O facto de ter pertencido a uma ordem religiosa não é um argumento irrefutável a favor da sua origem cristã. Existem vários exemplos de homens de origem hebraica que pertenceram a ordens religiosas. Fernanda Olival explica que nos primórdios, as ordens religiosas militares não exigiam como requisito a pureza do sangue, esse requisito só surgiu mais tarde, a partir de 18 de Agosto de 1570, com a bula *Ad Regie Maiestatis* do papa Pio V.⁸

Os seus netos, Matias Pereira⁹ e Pedro Nunes Pereira¹⁰, foram ambos presos e interrogados pelo tribunal do Santo Ofício. Passaram por períodos longos de cárcere e foram sujeitos às

⁵Nunes, *Petri Nonii Salaciensis De Arte Atque Ratione Nauigandi Libri Duo. Eiusdem in theoricis Planetarum Georgij Purbachij annotationes, & in Problema mechanicum Aristotelis de motu nauigij ex remis annotatio vna. Eiusdem De erratis Orontij Finoei Liber vnus. Eiusdem de Crepusculis lib. I. Cum libello Allacen de causis Crepusculorum*. Obra encontra-se disponível para consulta na página da Biblioteca Nacional de Portugal, URL:<http://purl.pt/14448> (Acedido em Maio de 2011). Nesta obra Pedro Nunes apresenta-se como sendo da Salácia, topónimo atribuído à localidade de Alcácer do Sal

⁶Guimarães, «Vida e descendência de Pedro Nunes», pp. 123-26. Neste artigo Rodolfo de Guimarães apresenta a investigação que realizou e que lhe permitiu contactar com um trecho apresentado por Joseph del Medigo, um judeu, que indica a origem hebraica de Pedro Nunes, numa passagem em que se refere ao cálculo da duração do crepúsculo em 01 de Outubro de 1541.

⁷Pereira, *Pedro Nunes. Em busca das suas origens*, pp. 138. A historiadora apresenta a data de 9 de Abril de 1548, como a provável da admissão de Pedro Nunes à ordem de Cristo.

⁸Olival, «Rigor e interesse: Os estudos de limpeza de sangue em Portugal»

⁹Pereira, *Pedro Nunes. Em busca das suas origens*, p.129. Processo n.º 4724 da Inquisição de Coimbra. No âmbito deste trabalho não foi consultado o processo por não fazer parte do objectivo realizar uma biografia aprofundada de Pedro Nunes.

¹⁰ibid., p.130. Processo n.º 8298 da Inquisição de Lisboa. No âmbito deste trabalho não foi consultado o processo por não fazer parte do objectivo realizar uma biografia aprofundada de Pedro Nunes.

torturas do processo inquisicional.

A estadia do matemático em Salamanca chega-nos através do processo inquisicional dos netos, onde ficaram documentadas algumas informações sobre o avô. Pedro Nunes Pereira indicou:

[...]seu avô, dr. Pedro Nunes, foi natural de Alcácer do Sal, como elle declara nos livros que compoz, da qual vila, sendo de pouca idade se foi estudar á Universidade de Salamanca onde, no anno de 1523, casou com a dita D. Guiomar de Áreas, sua mulher, filha de Pedro Fernandes de Áreas, cavalheiro castelhano, christão velho, visinho da dita cidade de Salamanca. Estando o dito dr. Pedro Nunes lendo uma cadeira na dita Universidade de Salamanca o mandou chamar por cartas suas el-rei D. João III d'este Reino, para vir ler a cadeira de Mathematica na Universidade de Coimbra, que então o dito Senhor Rei queria reedificar, instituir e fundar na dita cidade e com estas cartas e mandado d'El-Rei se veio com a dita sua mulher, D. Guiomar, para este reino 4 ou 5 anos antes da fundação da dita Universidade de Coimbra, os quaes gastou em ler nesta cidade de Lisboa, por mandado de S. A. um curso de Artes, Philosophia e Mathematica e acabando de o ler o mandou o dito senhor Rei para a dita Universidade de Coimbra, no principio da fundação della, a ler a dita cadeira de Mathematica, na qual cidade o dr. Pedro Nunes viveu com toda sua casa, mulher e filhos até o tempo do seu falecimento com muita satisfação e christandade. Em todo o tempo que os ditos Pedro Nunes e D. Guiomar, sua mulher, avós d'elle réo, viveram neste reino até o tempo de seu fallecimento foram muito estimados dos príncipes, rei e senhores d'elle, vivendo e procedendo com muita christandade e satisfação de suas pessoas, sendo tidos, havidos e conhecidos por christãos velhos, gente nobre e principal e, por assim ser, foi mestre das sciencias de Mathematica e Filosofia dos senhores infantes D. Luiz, D. Duarte e da senhora D. Catharina, duquesa de Bragança, e da senhora D. Maria, princesa de Parma e do sr. D. António e ultimamente do sr. rei D. Sebastião e de todos estes príncipes teve e comeu seu ordenado de mestre.

[...]O dr. Pedro Nunes, avô d'elle réo, pae da dita D. Isabel, sua mãe, foi cavaleiro professo do habito de N. S. J. Christo em que foi provido por seus merecimentos e qualidade de sua pessoa pelo senhor rei D. João e III d'este reino no anno de 1548; para tomar o dito habito lhe foram tiradas informações de sua geração, ascendência e limpesa do seu sangue e de sua christandade com rigor, exame e inquirição, que se costuma tirar primeiro que entre na cavalaria e ordem dos ditos cavaleiros do habito de Christo, na forma das Constituições da dita ordem prout notum est, sem que já então, no dito anno de 1548,

se lhe achasse raça alguma de mouro, judeu ou cristão novo, nem falta em sua geração e com a dita informação se lhe lançou o dito habito de Christo e entrou na dita ordem e cavalaria em que foi professo, sem se dispensar com elle em defeito algum de seu sangue ou geração.¹¹

O neto apresenta a data do casamento dos avós no ano de 1523, mas é omissos na data da chegada do avô a Salamanca. J. Vicente Gonçalves calculou o tempo necessário para o matemático atingir o grau de Bacharel e concluiu que Pedro Nunes terá iniciado os seus estudos na universidade de Salamanca em 1517. Maria Teresa Lopes Pereira defende um início de estudos mais tardio, próximo de 1519, data em que Pedro Nunes teria a idade de 17 anos.¹²

D. Guiomar Áreas era filha de um cristão-velho, Pedro Fernandes Áreas, residente em Salamanca.

A sua ascendência, desconhecida na actualidade, não impediu que Pedro Nunes obtivesse a protecção no interior da família real: de D. João III, de D. Catarina, do Cardeal D. Henrique e de D. Sebastião.

As referências sobre a família de Pedro Nunes são de tal forma escassas, que não se conhecem as datas de nascimento dos seus filhos. Sabe-se que teve quatro filhas e dois filhos. Maria Teresa Lopes Pereira apresenta a árvore geneológica da família¹³, que está de acordo com a opinião de António Baião.¹⁴

Sobre os anos que Pedro Nunes passou em Salamanca nada se sabe. Na Universidade de Salamanca não existem registos que documentem a passagem do matemático por essa cidade. Contudo, Pedro Nunes Pereira, indica que o avô estava a ler na universidade de Salamanca quando foi chamado por D. João III. Todavia, não dá qualquer informação sobre a cadeira lida. De acordo com as declarações desse neto a família terá regressado a Portugal por solicitação do Rei D. João III, quatro a cinco anos antes da fundação da Universidade de Coimbra. A família viveu em Lisboa até 1544, data em que o cosmógrafo assumiu funções na Universidade Conimbrense.

Durante a estadia em Lisboa Pedro Nunes leu na Universidade um curso de artes nos anos de 1530 a 1532. Quando a universidade foi instalada em Coimbra, assumiu as funções de regente da cadeira de matemática, ofício que por diversas vezes teve de abandonar devido às

¹¹Baião, *O Matemático Pedro Nunes e sua família à luz de documentos inéditos*, pp. 90-92.

¹²Pereira, *Pedro Nunes. Em busca das suas origens*, p. 28.

¹³Ibid., p. 29.

¹⁴Baião, *O Matemático Pedro Nunes e sua família à luz de documentos inéditos*, p. 101

Descendentes de Pedro Nunes

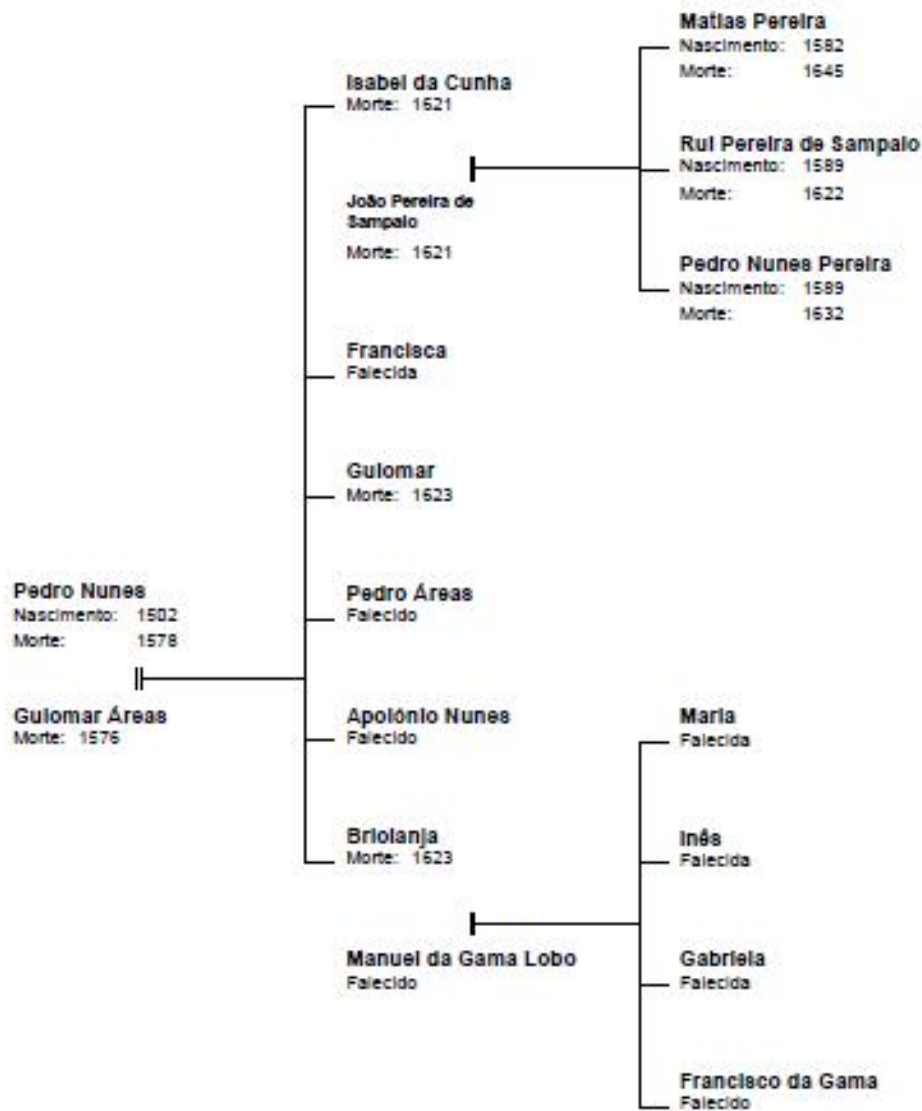


Figura 1.1: Árvore geneológica da descendência de Pedro Nunes
(Baseada na descendência apresentada por António Baião na obra citada)

suas responsabilidades como cosmógrafo-mor. Como demonstrado por Fernando Taveira da Fonseca, Pedro Nunes passou muito tempo da sua vida em Coimbra¹⁵. Foi responsável pela

¹⁵Fonseca, *Pedro Nunes na Universidade II - Coimbra*.

cadeira desde 16 de Outubro de 1544¹⁶ até 4 de Fevereiro de 1562, ano em que se jubilou.¹⁷

Para o assunto da dissertação não é importante examinar em pormenor as funções que Pedro Nunes exerceu enquanto lente na Universidade e a sua vida universitária. Deixamos atrás uma breve referência temporal e a indicação do estudo de Fernando Taveira da Fonseca, no qual é apresentada uma ampla descrição da passagem de Pedro Nunes pela Universidade de Coimbra.

No ano de 1529 foi nomeado cosmógrafo por D. João III.

Dom Joham etc. a quantos esta minha carta virem faço saber que eu tomo ora por meu cosmógrafo o bacharel P.^o Nunes e avendo respeito aos serviços que delle ao diante espero receber no dito cargo porque ora assy tomo e querendo-lhe fazer graça e mercê tenho por bem e me praz que de Janeiro que vem de bcxxx (530) em diante em cada um ano aja de mantimento co o dito carguo vynte mill reaes e porem mando aos veadores de minha fazenda que lhes fação asy asentar ã os meus livros dela no titolo dos ordenados e do dito Janeiro ã diãte ã cada hũ ano dar deles carta pêra lugar onde lhe sejã bem paguos e por firmeza delo lhe mãdey dar esta per mim asynada e aselada cõ o meu selo pemdente, Domingos de Paiva a fez em Lix.^a a xbj (16) de novẽbro de mill bcxxjx (529) e eu Damião Dias o fiz escrever.¹⁸

Assumiui as funções de cosmógrafo-mor em 1547, conforme a carta de D. João III datada de 22 de Dezembro:

Dom Johão & c. faço saber a quantos esta minha carta virem que avendo eu respeito aos seruiços que me tem feitos e espero que ao diante fará o doutro Pero Nunez, meu cosmógrafo, e polla boa informacao que tenho de suas letras e suficiẽcia, e por folguar de lhe fazer mercê, tenho por bem e me praz de o acrecentar a meu cosmógrafo moor, e lhe faço mercê do dito officio, e quero que elle tenha e goze de todos os priuilegios, liberdades, graças e franquezas, que por rezão do dito officio lhe diretamente pertencerem, e asy que tenha e aja com elle de ordenado em cada hum ano cinquenta mil rs. -s- quorenta mil rs., que atee ora teue de meu cosmógrafo por duas minhas prouisões de vinte mil rs. cada

¹⁶Santos, «Memória da vida e escritos de Pedro Nunes», p.250.

¹⁷Ibid., p. 250.

¹⁸Baião, *O Matemático Pedro Nunes e sua família à luz de documentos inéditos*, p. 84. A carta de nomeação de Pedro Nunes para cosmógrafo encontra-se publicada por António Baião, a fonte encontra-se na Torre do Tombo, chancelaria de D. João III, liv. 48, fl. 120 v.^o. Foi apresentada pela primeira vez por Francisco de Borja Garção Stockler em 1819, numa nota publicada em *Ensaio histórico sobre a origem e progressos das mathematicas em Portugal*, p.30

hũa, e os dez mil rs. que lhe ora mais acrecento. Notefico asy... João de Seixas a fez em Lisboa a xxij dias de Dezembro ano do nascimento de nosso Senhor Ihũ xpõ de mil bc Rbiiij. Manoel da Costa a fez esprever.¹⁹

Na corte conviveu com o Infante D. Luís, de quem foi mestre. Foi aí que conheceu D. João de Castro e Martim Afonso de Sousa, homens que aplicaram no mar os conhecimentos da arte náutica e da cosmografia. D. João de Castro, na sua viagem de Lisboa a Goa em 1538, testou instrumentos e técnicas propostas pelo cosmógrafo-mor. Martim Afonso de Sousa foi um nobre que empreendeu várias viagens marítimas. Levou até ao cosmógrafo uma série de dúvidas práticas da arte de navegar, posteriormente, publicadas por este com as respectivas explicações teóricas no *Tratado sobre certas dúvidas de navegação*.

Do rei obteve privilégios e protecção. Foi nomeado primeiro cosmógrafo-mor do reino em 1547, num contexto de florescimento dos impérios marítimos e de franco aumento do tráfego de mercadorias e conhecimentos. Nas potências ibéricas surgiu a necessidade de garantir o trânsito de bens em segurança nas lucrativas carreiras, estabelecidas entre o velho continente e as novas possessões ultramarinas. Para tal, era necessário garantir a instrução dos pilotos, responsáveis pelo destino dos navios e das valiosas cargas. Os vários acidentes marítimos justificavam a necessidade de melhorar a qualidade das cartas e dos instrumentos náuticos.

Como primeiro cosmógrafo-mor, a figura de Pedro Nunes está intimamente ligada aos momentos iniciais do ensino da náutica. Avelino Teixeira da Mota apresentou um estudo profundo do regimento do cosmógrafo-mor de 1592. O diploma foi publicado em data posterior à da morte de Pedro Nunes. Porém, o texto baseava-se num regimento anterior datado de 1559, que terá sido elaborado com a supervisão do cosmógrafo-mor. Como indicado no preâmbulo do documento, o regimento de 1592 apareceu devido à necessidade de actualizar o regimento anterior, que à data necessitaria de reformulação. O regimento de 1559 apresenta um conjunto de orientações relativas ao exame dos artificies que construíam instrumentos náuticos, dos cartógrafos e dos pilotos.

O regimento de 1592 é uma fonte incontornável no estudo dos primórdios do ensino da náutica em Portugal. Apresenta o mais antigo programa de ensino da náutica conhecido.

E porque as navegações e viagens que destes Reinos se fazem são muitas e diuersas e përa tam diferentes partes como pera índia oriental, todo Guine e pera o Brazil e outros

¹⁹Viterbo, *Trabalhos náuticos dos portugueses dos séculos XV e XVI*, p. 225. O documento encontra-se na Torre do Tombo, chancelaria de D. João III, Doações, L.º 55, fl. 65.

Portos e Ilhas dos senhorios destes Reinos, e são enformado que pêra segurança de tam lógicas e importantes viagens he necessário ajudarse esta arte da navegação com auer lição della pera a ouuirem de sua liure uontade os pilotos, sotapilotos, mestres, contramestres, guardiaes a cujo cargo está o gouerno das ditas viagens e nauegação dellas e de cuja insufficiencia e falta de experiência procedem muitos dos desastrados sucessos dellas - mando que daqui endiante se lea hua lição de Mathematica pera os ditos officiaes ouuirem algũs cursos della, e também a gente nobre pera se habilitar pera me poder melhor servir nas empresas e conquistas que se ouuerem de fazer por mar. A qual lição o dito Comógrafo-mor será obrigado a ler todos os dias, hũa ora cada dia, na casa pera isso ordenada, no verão das oito horas atee as noue e no inuerno das noue ate as dez, sem interpolação nem falta algũa, de maneira que em todos os dias que não forem de guarda haja a dita lição, que durará de dia de São Lucas atee vespóra de São João, porque o mais tempo do anno lhe ficam em ferias pera nelle continuar com as outras obrigações de seu cargo conteudas neste Regimento. Na qual lição lhe declarará as cousas seguintes:

A declaração de alguns círculos da sphaera, e pera que lhe hão de servir.

Insinarlhesha muito materialmente qual seja a figura do universo e como se faz o diurno mouimento do primeiro móbil e o do sol e o da lua, e lhes dará as regras importantes pera o conhecimento das luas e marés.

Declararselhesha a fabrica e uso da carta de marear, exercitandoos muito nella e assy no uso do estrolabio, insinandolhes a tomar o sol e como ham de usar do Regimento e fazer certa a sua conta da declinação pera saberem ao meo dia a altura que tem.

Declararlhesha o uso da Balestilha e quadrante pera de noite tomarem a altura da estrella, e como devem fazer sua conta e saberem a altura do Polo que tem, pera com mais certeza fazerem suas operações.

Instruilosha no Nordestear e Noroestear das agulhas, pera com facilidade saberem fazer esta obseruação em qualquer paragê que estiuerem, e aduertillosa no uso do Relógio do sol.

Auendo algũs de boa habilidade e que se auentagem dos outros, a estes taes lerá o tratado da sphaera e o uso do estrolabio de laminas e de outros instrumentos necessários, dandolhes o modo como facão muytas obseruanças necessárias a esta arte, pera como mais sufficientes serem aos outros preferidos, e a seu exemplo procurarem outros de se igualarẽ com elles.

Na mesma casa da lição terá o dito Cosmógrafo mor todos os instrumentos necesarios

a ella, pera com elles fazer mais claras e intelligiueis as cousas a ler.²⁰

É particularmente curiosa a instrução que obriga o cosmógrafo a dotar o espaço de aulas com todos os instrumentos náuticos necessários à instrução. Embora não se conheça o teor do regimento de 1559, podemos presumir sem grande erro que já lá se encontrassem as temáticas que deviam ser ministradas aos pilotos.

No século XVI existia uma grande proximidade entre Lisboa e Sevilha. É de supor um grande intercâmbio de ideias entre os dois portos. Através das ordenações da Casa da Contratação de Sevilha sabe-se que em 1552 foi criada uma cátedra de cosmografia. Por analogia com o caso de Castela podemos conjecturar que perto desta data em Lisboa tenha surgido preocupação com o ensino dos pilotos.

Transcreve-se a Ordenação 218 datada de 4 de Dezembro de 1552:

Que en la casa de Sevilla haya cátedra de cosmografia, y el cosmógrafo lea y enseñe las materias que en esta ley se contienen.

Mandamos que en la casa de contratacion de Sevilla haya cátedra en que se lea el arte de la navegacion, y parte de la cosmografia y se enseñe à los que la quisieren aprender com que no se an extranjeros, sino naturales de estos reinos de la corona de Castilla, Aragon y Navarra; y lo que se ha de leer en dicha cátedra es lo siguiente.

Primeramente ha de leer el cosmógrafo la esfera ó á lo menos los dos libros, primero y segundo de ella.

Asimismo há de leer el regimiento que trata de la altura del sol y la altura del pólo y cómo se sabrán, y todo lo demas que pareciere por el dicho regimento.

Leerá tambien el uso de la carta y cómo se ha de echar punto en ella, y saber siempre el piloto el verdadero lugar en que está.

Asimismo há de leer el uso y fábrica de los instrumentos, porque se conozca en viendo alguno si tienne error; y son aguja de marear, astrolábio, cuadrante y ballestilla, de los cuales y cada uno há de saber la teórica y práctica, esto es, la fábrica y uso de ellos.

Ha de leer asimismo como se han de marcar las agujas, para que sepan los pilotos y discípulos en cualquier lugar que estuvieren, quanto nodestea ó noruestéa la aguja en tal lugar, porque esta es una de las cosas mas importantes que han menester saber los pilotos, por las ecuaciones y resguardos que han de dar quando navegan.

²⁰Mota, «Os Regimentos do cosmógrafo-mor de 1559 e 1592 e as origens do ensino náutico em Portugal», pp. 32-36.

Leerá tambien el uso de un relox general diurno y nocturno, porque les será muy importante en todo el discurso de la navegacion, lea asimismo para que sepan de memoria ó por escrito en cualquier dia de todo el año, cuantos son de luna, y cuándo y á qué hora será la marea para entrar en los rios y barras, y otras cosas á este propósito, que tocan á la práctica y uso, lo cual ha de leer en una sala de la lonja, y en cada dia leccion á las horas que por el presidente y jueces de la casa fueren señaladas, y sean las mas convenientes para los que han de oir esta facultad.²¹

O programa a ser ensinado pelos cosmógrafos na ordenança de 1552 apresenta diminutas diferenças quando comparado com o regimento de 1592.

O regimento de 1559 considera-se perdido. Porém, devido à proximidade temporal, pode conjecturar-se que esse regimento apresentasse instruções para o ensino da náutica com um texto semelhante ao existente na ordenança espanhola da *Casa de la Contratacion de Sevilla*. Assim sendo, Pedro Nunes, além dos exames aos cartógrafos e construtores de instrumentos²², terá estado incumbido desta importante tarefa de instrução dos pilotos.

A partir de 1556 até ao fim da sua vida, o cosmógrafo terá sofrido de debilidade física. Em 1556, por ocasião da visita de Baltazar de Faria à Universidade de Coimbra, o matemático recusa a guarda das chaves da arca da fazenda por se sentir velho.²³

Nos últimos anos da sua vida, o matemático viveu numa propriedade rural, pertencente à família da sua filha Isabel, em Ardazubre, localidade próxima de Coimbra.

No início do seu último ano de vida, ocorreu um conhecido episódio com a sua filha mais nova, Guiomar - dama da cutilada, que terá abalado a sua vida.²⁴

Heitor de Sá, filho de uma casa conimbrese abastada terá prometido desposar D. Guiomar, filha mais nova de Pedro Nunes. A demora de Heitor de Sá no cumprimento da promessa feita fez com que o bispo D. Manuel de Meneses intimasse os noivos a comparecerem na Igreja de S.

²¹ESPAÑA, *Recopilacion de leyes de los Reinos de las Indias. Mandadas imprimir y publicar por la magestad católica del rey Don Carlos II. Nuestro señor. Va dividida en quatro tomos, con el índice general, y al principio de cada tomo el especial de los titulos que contiene*, p. 302.

²²No Apêndice Documental do estudo *Regimento do Cosmógrafo-mor de 1559 e 1592 e as origens do ensino náutico em Portugal*, Avelino Teixeira da Mota publica três cartas passadas a cartógrafos e construtores de instrumentos após terem sido examinados por Pedro Nunes.

²³Pereira, *Pedro Nunes. Em busca das suas origens*, p. 31.

²⁴Baião, *O Matemático Pedro Nunes e sua família à luz de documentos inéditos*, p. 103-05. Este episódio da dama da cutilada encontra-se indicado por António Baião que apresenta as fontes desta história. Também Pedro Nunes Pereira no seu processo alegou as inimizades da família Sá.

João de Almedina, em Janeiro de 1578. Os noivos responderam a várias perguntas na presença do bispo e testemunhas. O suposto noivo negou estar comprometido com Guiomar provocando a fúria desta e o sentimento de revolta que a levou a apunhalar a face de Heitor de Sá. Este acontecimento provocou a ira na família Sá e obrigou D. Guiomar a recolher ao hábito religioso no Mosteiro de Santa Clara. Esse acontecimento terá tornado a família de Pedro Nunes alvo de comentários jocosos entre a sociedade coimbrese.

A morte de Pedro Nunes ocorreu em 11 de Agosto de 1578.²⁵

Após a morte do cosmógrafo, os rendimentos que usufruía em vida foram transferidos para os filhos de acordo com a sua vontade expressa em testamento. Em Dezembro de 1578, quatro meses após a morte do pai, D. Isabel Cunha apresentou ao Cardeal Rei D. Henrique revindicação sobre o conteúdo de dois alvarás régios concedidos a Pedro Nunes. Nesses documentos estava previsto o pagamento de uma tença de 60 000 reais e quatro moios de trigo, que eram repartidos pelos herdeiros segundo a vontade do cosmógrafo. Perante as pretensões apresentadas, D. Henrique ordenou o pagamento das tenças de acordo com os alvarás régios, adicionando os retroactivos previstos desde a morte de Pedro Nunes.²⁶

A obra

Neste sub-capítulo pretendemos apresentar uma breve descrição da obra do cosmógrafo-mor, constituída por um conjunto de textos de referência na área da matemática e da cosmografia aplicada à náutica. A novidade das suas explicações despertou entre os seus pares a admiração e a crítica.

Ao efectuar uma análise da obra de Pedro Nunes pretendemos perceber o impacto das suas ideias no mundo científico e nos seus contemporâneos. Os estudos de Henrique Leitão e Bruno Almeida²⁷ já mostraram que os trabalhos de Pedro Nunes tiveram uma difusão europeia. As suas obras eram lidas, citadas e criticadas por diversos cosmógrafos e matemáticos.

A primeira obra impressa de Pedro Nunes surgiu em 1537. À data, o matemático tinha 35 anos, uma carreira de estudante em Salamanca e era lente na Universidade de Lisboa. Haviam

²⁵Carvalho, «Pedro Nunes, Defensão do tratado da rumação do globo para a arte de navegar», p. XII.

²⁶Baião, *O Matemático Pedro Nunes e sua família à luz de documentos inéditos*, p. 95-98.

²⁷Almeida, «Pedro Nunes and seamen: a study in the transmission of scientific knowledge», pp. 349-62.

passado oito anos desde a sua nomeação para Cosmógrafo. O texto era constituído por traduções para Português do *Tratado da Esfera de Sacrobosco*²⁸, do primeiro livro da *Geografia*²⁹ de Ptolomeu e dos capítulos iniciais das *Novas Teóricas dos planetas*³⁰ de Purbáquio.

Todavia, o cosmógrafo não se limitou a traduzir o texto de Sacrobosco acrescentou-lhe anotações e comentários. Um dos mais significativos desses comentários - «Anotações sobre as derradeiras palavras do capítulo dos climas» - foi utilizado por Élie Vinet³¹ (1509-1587) nas suas edições *Sphaera emendata*. Pode ler-se no prefácio da edição de 1573 «Petri Nonii Salaciensis demonstratio corum quae in extremo capite de Climatibus Sacroscius scribit de inaequali climatum latitudine».³²

O *Tratado da Sphaera* não apresentaria novidade se não fossem os dois tratados originais publicados na obra: *Tratado que ho doutor Pero nunez fez sobre certas duuidas de nauegação: dirigido a el Rey nosso senhor* e o *Tratado que ho doutor Pero nunez fez em defensam da carta de marear: cõ o regimêto da altura. Dirigido ao muyto escrarecido: e muyto excelente Principe ho Iffante dom Luys. ec..* No primeiro, o cosmógrafo pretendeu dar respostas às dúvidas que lhe foram colocadas por Martim Afonso de Sousa; no segundo, abordou vários temas náuticos: a carta de marear, regimento do norte e determinação da latitude por método de alturas extra-meridianas, entre outros.

Henrique Leitão, na introdução do catálogo da exposição *Pedro Nunes 1502-1578, Novas terras, novos mares e o que mays he: novo ceo e novas estrellas* escreve a seguinte frase: «Pode admitir-se que para um matemático do calibre de Nunes, fazer o primeiro surgimento a público como tradutor de obras elementares, tenha sido penoso.». Esta frase leva-nos a admitir a frustração do grande matemático num trabalho menor, sem o brilho da produção científica. É certo que a primeira obra foi um trabalho de tradução, feito por um grande matemático. Porém, não podemos menosprezar a importância deste trabalho. Na altura, Pedro Nunes desempenhava

²⁸O *Tratado da Sphaera* do inglês João de Sacrobosco, escrita no século XIII, foi amplamente copiada, comentada e reeditada na Europa até ao século XVIII.

²⁹O *Livro Primeiro da Geografia*, de Ptolomeu, era a obra de referência na Europa quinhentista. Traduzia a concepção ptolomaica vigente na época.

³⁰A *Theorica do sol e da lua de Purbachio* foi uma síntese em Português da obra *Theoricae Novae Planetarum* de Georg Von Peurbach, professor da Universidade de Viena de quem o astrónomo Regiomontanus foi discípulo. O tema desta obra era o movimento do Sol e da Lua segundo a abordagem Ptolomaica.

³¹Élie Vinet era um professor bordelês. Terá conhecido Pedro Nunes e contactado com a sua obra nos anos em que esteve em Portugal a leccionar no Colégio das Artes.

³²Vinet, *Sphaera Ioannis de Sacrobosco emendata*.

funções de cosmógrafo, e com certeza foi no enquadramento das suas funções que terá sentido a necessidade de traduzir obras para linguagem comum, tornando-as acessíveis aos pilotos sem instrução necessária para ler latim. Não conseguimos provar a existência de uma formação náutica na década de 30 do século XVI. Não obstante, Pedro Nunes, à data, já teria identificado o baixo nível de formação dos pilotos e a necessidade de instruí-los com conhecimentos teóricos na área da geografia e astronomia. O *Tratado em Defensam da carta de marear* apresenta um conjunto de novidades no campo da náutica, demonstrando aquela que terá sido a principal razão da produção da obra.

Em 1542 foi publicada em latim a obra *De Crepusculis*.

Em 1544 assume a cátedra de matemática na Universidade de Coimbra. Pouco depois, em 1546, publica a obra *De erratis Orontii Finaei*. Nessa obra expõe publicamente as incorrecções de Oronce Finé, distinto matemático do colégio real de Paris. A crítica teve como objectivo mostrar os erros publicados em 1543 na obra *Quadratura Circuli*, onde Finé afirmava ter encontrado a solução dos principais problemas de geometria: a quadratura do círculo, a trissecção do ângulo e a duplicação do cubo.

Em 1566, quatro anos após Pedro Nunes se aposentar da Universidade de Coimbra, saiu a obra *Petrii Nonii Salaciensi Opera*.

Em 1567, publicou o *Libro de Algebra*, nessa obra apresentou o resultado da maturação dos conhecimentos matemáticos durante vários anos de estudo na área de geometria e álgebra.

Todas as obras que surgiram após 1567 foram reedições das obras anteriores. No entanto, sabemos que estariam prontos para publicação vários textos que se consideram perdidos. Henrique Leitão, em estudo recente, procurou elencar as obras perdidas de Pedro Nunes³³. Através das pistas presentes nos diversos trabalhos do cosmógrafo, conclui-se que as obras perdidas são as seguintes:

- De ortu et occasu signorum;
- Geometria dos triângulos sphaeraes;
- De astrolábio opus demonstratium;
- De planisphaerio geométrico;

³³BIBLIOTECA NACIONAL, *Pedro Nunes, 1502-1578: novas terras, novos mares e o que mays he : novo ceo e novas estrellas*.

- De proportione in quintum Euclidis;
- De globo delineando ad navigandi artem;
- De Architectura, de Vitruvius.

No catálogo da exposição *Pedro Nunes 1502-1578, Novas terras, novos mares e o que mays he: novo ceo e novas estrellas* encontramos as diversas assinaturas do cosmógrafo (figura 1.2), elemento importante para identificar documentos relacionados com o matemático.

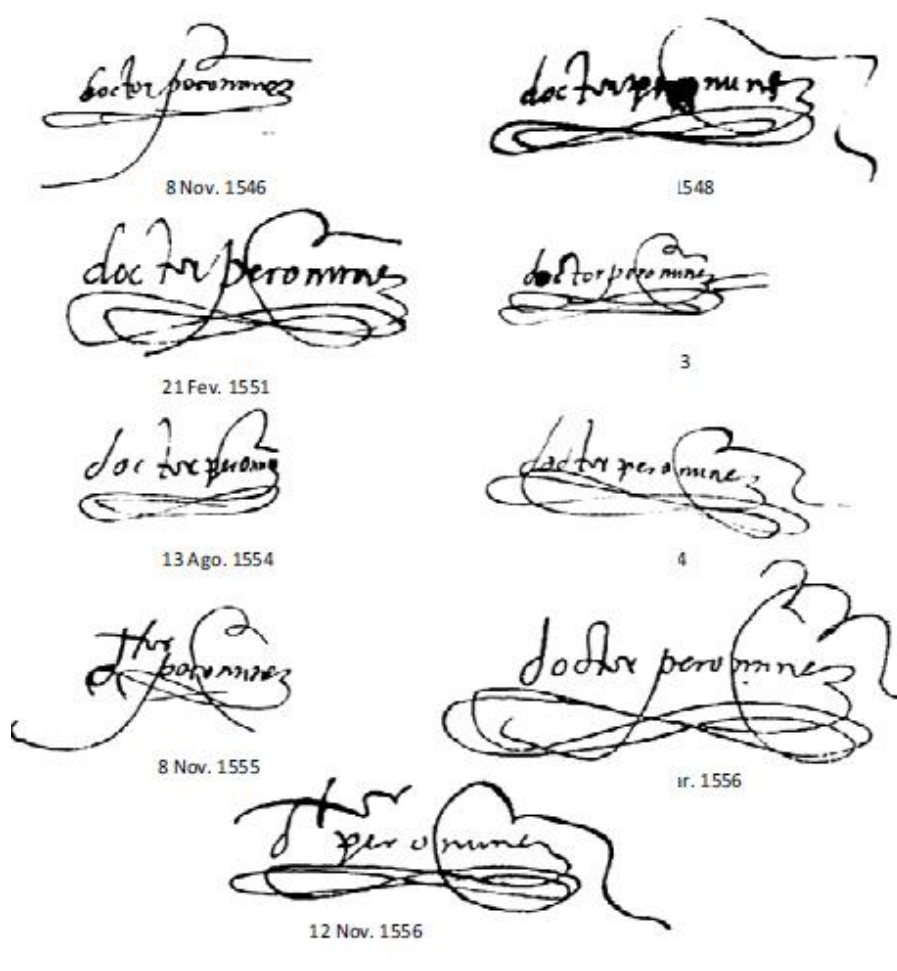


Figura 1.2: Autógrafos de Pedro Nunes

(Publicados no catálogo da exposição *Pedro Nunes 1502-1578, Novas terras, novos mares e o que mays he: novo ceo e novas estrellas*)

Dediquemos agora algumas linhas a falar sobre o impacto da obra de Pedro Nunes entre os homens do mar do seu tempo.

Luís de Albuquerque estudou a relação de Pedro Nunes com os homens do mar do seu

tempo³⁴ e chegou à conclusão que existia uma relação pouco cordial, com críticas constantes de parte a parte. Para a dificuldade de compreensão mútua, muito contribuíam os poucos conhecimentos dos pilotos. Não entendiam a teoria, a sua aprendizagem era efectuada pela experiência prática a bordo dos navios.

Todavia, a importância e o carácter modelador da obra de Pedro Nunes, não podem ser vistos unicamente numa perspectiva do resultado imediato, nem somente entre o mundo náutico de então. Temos de aumentar o campo da análise, procurar entender de que forma os novos conhecimentos introduzidos por Pedro Nunes foram absorvidos e utilizados pelo mundo científico e pelos cosmógrafos que o seguiram. Henrique Leitão, no estudo já citado anteriormente sobre arte e ciência da navegação³⁵, apresenta Pedro Nunes como pioneiro na introdução de um cariz científico na navegação e astronomia náutica. Recorreu à matemática e ao método científico para analisar os problemas dos pilotos, explicar os métodos e instrumentos náuticos. Cosmógrafos, como António de Naiera e Andrés Garcia de Céspedes apresentaram tratados de navegação no século XVII, com um estilo de exposição semelhante ao utilizado por Pedro Nunes afastando-se do estilo de exposição descritiva e empírica das obras de arte de navegar publicadas no século anterior.

Como atrás indicámos, só a primeira obra do matemático foi escrita em Português. As restantes foram escritas em latim, a língua de divulgação científica por excelência do século XVI. Esse facto é indicador da intenção do matemático de divulgar o seu trabalho entre os seus pares. Henrique Leitão no estudo *Sobre a difusão europeia da obra de Pedro Nunes*³⁶ deixa provado que a obra do matemático português circulou pelos centros científicos da Europa renascentista e chegou ao conhecimento dos principais matemáticos do século XVI. A obra foi difundida entre os centros Jesuítas e os seus conhecimentos foram utilizados por matemáticos como Élie Vinet, John Dee, Cristovão Clavius e o astrónomo de referência: Thyco Brahe.

³⁴Albuquerque, «Pedro Nunes e os homens do mar do seu tempo», pp. 143-47.

³⁵Leitão, «*Ars e ratio*: A náutica e a constituição da Ciência Moderna».

³⁶Leitão, «Sobre a difusão europeia da obra de Pedro Nunes».

Capítulo 2

A arte de navegar até Pedro Nunes

O movimento dos descobrimentos e expansão trouxe ao conhecimento da Europa Renascentista «nouas ylhas / nouas terras / nouos mares / nouos pouos: e o q mays he: nouo ceo: e nouas estrellas»¹. Foi um período da história universal de enorme impacto no conhecimento cultural e geográfico.

A epopeia do Homem do Renascimento europeu foi marcada por uma profunda alteração cultural. Os medos e mitos profundamente enraizados tiveram de ser vencidos. São vários os exemplos na cartografia e iconografia dos monstros lendários que povoavam o espaço Atlântico desconhecido para lá do horizonte visível, realidades bem vivas no imaginário medieval. Não é objecto deste trabalho o estudo das alterações culturais e mentais². Referimo-nos fugazmente a este assunto para enfatizar a importância do movimento de expansão europeu, só possível através da viagem marítima, mudança das mentalidades, ruptura com os mitos e medos, adaptação da tecnologia, da construção naval e da navegação.

Neste capítulo vamos estudar o desenvolvimento da arte de navegar nos séculos XV e XVI. Iremos basear-nos principalmente nos estudos de Luciano Pereira da Silva, Luís de Albuquerque e Abel Fontoura da Costa. Julgamos que estes autores escarpelizaram toda a informação disponível sobre o desenvolvimento da arte de navegar no século XV. Devido à sua formação na área da matemática e navegação fizeram análises críticas muito profundas e objectivas. Explicaram todos os conceitos de astronomia náutica e instrumentos náuticos de forma clara e rigorosa.

Utilizaremos como fontes de estudo os diversos tratados de arte de navegar publicados na Península Ibérica no século XVI: os *Guias náuticos de Évora e Munique* e os diversos tratados

¹Nunes, *Obras. Tratado da Sphera. Astronomici Introductorii de Spaera Epitome*, p. 120.

²Mattoso, «Os antepassados dos navegadores».

de Francisco Faleiro, João de Lisboa, Rodrigo Zamorano, Pedro de Medina e Martin Cortez.

Por fim, concluiremos o capítulo com a análise de um estudo publicado por Henrique Leitão onde se apresenta discutida a evolução de arte de navegar para a ciência da navegação. Este pensamento, pioneiro e fundamental, foi um legado de Pedro Nunes. Na nossa opinião, o maior legado de Pedro Nunes para a navegação.

A navegação mercante, essencialmente de cabotagem, ligava desde a Antiguidade o Mediterrâneo ao norte da Europa. Os navios transportavam pessoas e bens entre os diversos portos costeiros, contornando a Península Ibérica. Os indícios desta navegação regular aparecem em textos medievais como o texto: *De Expugnatione Lyxbonensi*³. Nessa carta, redigida por um cruzado que fez a viagem da actual Grã-Bretanha até Lisboa em 1147 é possível encontrar referências à direcção do vento, determinante na condução da navegação. São breves indícios de um conhecimento geográfico e meteorológico acumulado ao longo dos anos experimentados de viagem. A narração está pejada de elementos descritivos da costa, sendo ausentes as referências às observações astronómicas. Estas serão utilizadas anos mais tarde na aventura marítima para longe da protecção da costa.

Idrisi, geógrafo árabe do século XII que visitou o al Andalus, não deixou de se sentir impressionado com as características marítimas das principais cidades, Alcácer do Sal e Lisboa. Na sua descrição de Lisboa refere a lenda dos aventureiros que partiram dali à descoberta do mar. Conta a lenda que no meio do Atlântico encontraram ilhas habitadas e povos que os acolheram.⁴

No século XII, assim como nos séculos posteriores, o mar inspirava a curiosidade, num misto de admiração e medo. Oferecia-se como uma fonte de recursos. Um apelo à descoberta de novos espaços e novas oportunidades.

Entre 1276 e 1279, Afonso X, o *Sábio*, mandou compilar a astrónomos árabes e judeus uma obra que reuniu os conhecimentos técnicos de Astronomia da altura. Essa obra monumental -

³Alves, *Conquista de Lisboa aos Mouros em 1147, Carta de um cruzado inglês que participou nos acontecimentos*. Na carta do cruzado encontramos vários elementos náuticos e meteorológicos. O convite de D. Afonso Henriques gerou uma discussão entre os cruzados sobre a continuação ou não da viagem. Um dos elementos apresentados a favor da continuação da viagem foi precisamente os ventos favoráveis à entrada no Mediterrâneo.

⁴Edrisi, *Description de L' Afrique et de L' Espagne par Edrisi, Text arabe publié pour la première fois d'après les man, de Paris et D' Oxford avec une traduction, des notes et un glossaire*. pp. 219-223. Na descrição da sua visita ao al Andalus, Idrisi dá-nos uma perspectiva das características marítimas das principais cidades da região.

Libros del saber de Astronomia foi escrita em castelhano e influenciou a astronomia da Idade Média, facilitou a difusão do conhecimento astronómico da Antiguidade, inacessível por se encontrar escrito em árabe e grego.

De acordo com Luciano Pereira da Silva, Os *Libros del Saber* circularam na corte desde o tempo do Rei D. Dinis⁵, neto de Afonso X.

Os *Libros del Saber* são uma fonte fundamental para entender o desenvolvimento da astronomia e da arte de navegar na Península Ibérica. Nessa colectânea são descritos, de uma forma pormenorizada, os passos da construção de instrumentos, astrolábios e quadrantes, e a sua utilização.

A arte de navegar desenvolveu-se através da adaptação de tecnologia e instrumentação pré-existente. Os marinheiros e os astrónomos esforçavam-se para solucionar problemas práticos impulsionando com engenho o saber. O conhecimento da astrologia judiciária entrou de forma progressiva no mundo da náutica adaptando-se às necessidades e conhecimentos dos pilotos.

Em 1415, o Rei D. João I e os infantes, realizaram uma campanha militar em África. A campanha resultou na tomada da cidade de Ceuta, um importante entreposto comercial terrestre e um ponto geoestratégico na entrada do Mediterrâneo. Com esta campanha deu-se início ao fenómeno da expansão portuguesa e europeia.

Após a conquista da cidade de Ceuta, o infante D. Henrique ficou responsável pela administração da cidade⁶, que oferecia alguns desafios logísticos. Ceuta era um ponto costeiro sem capacidade de auto abastecimento. Motivado pela escassez de recursos, o Infante viu-se obrigado a estabelecer uma rota marítima regular entre Lagos e Ceuta para abastecimento da guarnição da cidade. Foi necessário o recrutamento de embarcações e homens do mar. Meios e recursos humanos que mais tarde foram empenhados nas viagens de exploração e curso ao serviço do Infante D. Henrique.

A partir da segunda década de quatrocentos iniciaram-se as navegações exploratórias da costa de África. Como descrito por Gomes Eanes de Zurara, os navios partiam da vila de Lagos «com entençom de pelleiar cõ elles e filhar alduũ»⁷ e «pelles e azeite daquelles lobos marinhos»⁸. Inevitavelmente traziam também conhecimento, sobre todo um mundo desconhecido até então.

⁵Silva, «A arte de navegar dos Portugueses, desde o Infante a D. João de Castro», p. 273.

⁶Costa, *Henrique, O Infante*, p. 116.

⁷Soares, *Crónica dos feitos notáveis que se passaram na conquista da Guiné por mandado do Infante D. Henrique*, p. 57.

⁸Ibid., p. 59.

As águas costeiras algarvias eram percorridas pela navegação regular da carreira de Flandres como indicado por Zurara «[...]quereesme dizer que por openyom de quatro mareantes. os quaaes como som tirados da carreira de Frãdes ou alguũs outros portos pera que comuũmẽte nauegam, nõ sabẽ mais teer agulha nem carta pera marear.»⁹

Os métodos e cartas utilizados na primeira fase da expansão foram as mesmas que eram utilizadas no Mediterrâneo e na carreira de Flandres, cartas-portulano, o método do rumo e estima.

As cartas portulano eram representações do espaço, sem projecção e sem escala de longitude ou latitude. Resultaram dos roteiros que eram transmitidos oralmente. Apresentavam os vários rumos dos ventos e os pontos de interesse para os mareantes. A posição dos portos era relativa, marcada na carta com base na estima e na experiência dos navegadores. As cartas-portulano apresentavam grelhas de azimutes magnéticos e destinavam-se à navegação com a agulha magnética através do método do rumo e estima.¹⁰

O método de rumo e estima foi muito testado pelos pilotos das rotas do Mediterrâneo. Ajustava-se bem à navegação no mar fechado, onde as navegações são de curta distância. Os erros cometidos pelos navegadores na estima eram facilmente corrigidos na aproximação de costa. Porém, o método de estima era desajustado à navegação no Atlântico, como iremos explicar.

Adicionalmente, além da carta e da agulha, os mareantes utilizavam uma tabela numérica - a *toleta de marteloio*. Essa tabela destinava-se a auxiliar o piloto na compensação do trajecto do navio quando o mesmo não podia ser directo. A representação mais conhecida desta tabela é a que se encontra no atlas de Andrea Bianco de 1436.

Luciano Pereira da Silva apresenta a explicação do modo de trabalhar com esta tabela.¹¹ Tem duas entradas para saber o «avançar» e o «alargar» do navio quando o mesmo fazia um rumo desfazado de uma determinada quantidade de quartas do rumo directo entre dois pontos. A segunda parte da tabela permitia determinar o «avançar» e o «alargar» para compensar o afastamento inicial do navio.¹²

⁹Soares, *Crónica dos feitos notáveis que se passaram na conquista da Guiné por mandado do Infante D. Henrique*, p. 52.

¹⁰Costa, *A Marinharia dos Descobrimentos*, p. 199.

¹¹Silva, «A arte de navegar dos Portugueses, desde o Infante a D. João de Castro», pp. 347-350.

¹²*Dicionário de História dos Descobrimentos*, pp. 1037-1039. Max Justo Guedes descreve o funcionamento da toleta na entrada do *Dicionário da História dos Descobrimentos Portugueses*

largar	avancar		avancar	direito	
p. una quarta	20	98	p. 1 ^a quarta	51	5
p. do. quarta	38	92	p. 2 ^a q.	26	24
p. tre. quarta	55	83	p. 3 ^a q.	18	15
p. quatro. q.	71	71	p. 4 ^a q.	14	10
p. cinco. q.	83	55	p. 5 ^a q.	14	5 $\frac{1}{10}$
p. six. quarta	92	38	p. 6 ^a q.	11	9
p. sete quarta	98	20	p. 7 ^a q.	10 $\frac{1}{10}$	5 $\frac{1}{10}$
p. oito quarta	100	00	p. 8 ^a q.	8	000

Figura 2.1: Imagem da toleta de marteloio

(Presente no Atlas de Andrea Bianco de 1436)

A arte de navegar não é o tema central desta dissertação, por esse motivo não iremos aprofundar este tema. Deixamos no entanto a indicação que Luciano Pereira da Silva faz uma explicação pormenorizada da toleta de Marteloio.

As técnicas do Mediterrâneo serviram os interesses dos navegadores nas explorações africanas enquanto as navegações decorreram à vista de costa. Todavia, o regime de ventos do Atlântico obrigou os navios a praticarem rotas para longe da costa.

À medida que os navegadores do Infante progrediam para sul encontravam uma nova realidade geográfica com um regime de ventos contrários à viagem de regresso. Para ultrapassar esta dificuldade os navegadores seguiram com o vento. Foi assim que se deu a descoberta da volta da Guiné ou volta da Mina, com longos períodos de navegação longe de costa. A primeira referência indirecta à volta encontra-se no capítulo LXXXVI da *Crónica dos Feitos da Guiné* de Gomes Eanes Zurara¹³. O cronista descreve os acontecimentos violentos ocorridos entre os exploradores e os indígenas na foz de um rio da Guiné com a caravela de Nuno Tristão. Segundo a descrição, vários foram os elementos da guarnição da caravela que pereceram, entre eles todos os homens hábeis na pilotagem. Segundo Zurara, o regresso do navio ao reino só foi possível devido a um jovem, Aires Tinoco, que conduziu o navio na volta do largo.

O aproveitamento do regime geral de ventos do Atlântico Norte pelos navios, obrigava a

¹³Albuquerque, «A arte de navegar na época dos grandes descobrimentos», p. 25.

períodos longos longe de costa e oferecia novos desafios na determinação da posição do navio. Nessa altura a técnica de navegação de rumo e estima terá sido substituída por técnicas de navegação astronómica.

A astronomia náutica não foi uma disciplina nova, com regras e instrumentos criados a partir de elaborados estudos científicos. Pelo contrário, baseou-se na adaptação dos conhecimentos já existentes da concepção Ptolomaica geocêntrica, descrita nas diferentes versões do *Tratado da Esfera* de Sacrobosco que circulavam na Europa e os conhecimentos da astrologia judiciária que se encontram publicados nos *Reportório dos tempos*.

Os marinheiros sabiam que a estrela Polar se encontrava posicionada no firmamento junto ao Pólo. A estrela descrevia uma circunferência em torno do norte geográfico e através dela era fácil saber a direcção do norte geográfico. Os astrónomos determinavam a latitude das cidades através da altura da estrela Polar acima do horizonte. Esses conhecimentos conjugados foram utilizados para conhecer o comprimento do caminho percorrido em léguas. Isto era possível através da diferença de altura entre o lugar de partida e de chegada. A primeira referência a esta técnica de navegar pela diferença de alturas ou «navegar pelo quadrante»¹⁴ encontra-se no *De prima inventione Guineae*. No relato da descoberta das ilhas de Cabo Verde, Diogo Gomes dá-nos indicação que marcou a altura do norte na tábua do quadrante e achou a sua medição melhor do que a carta.¹⁵

No método de navegação por diferença de alturas entre dois pontos, a distância percorrida era determinada através da conversão do grau de latitude em distância. Foi criado o regimento das léguas que permitia converter a diferença angular em léguas percorridas. No regimento de léguas foram utilizados vários valores para o grau de meridiano. No século XVI considerava-se a terra uma esfera onde o grau de meridiano era igual para todas as latitudes e igual ao grau de equador.

Os regimentos que se conhecem são todos do século XVI. Porém, a equivalência entre a distância e o grau, de $16\frac{2}{3}$ léguas por grau de meridiano, apresenta claro indício de uma origem anterior. O valor do grau de meridiano nos inícios do século XVI já se encontrava em 18 léguas, como é possível observar no mapa de Cantino, de 1502.¹⁶ Duarte Pacheco Pereira no *Esmeraldo*

¹⁴No *Reportório dos tempos* de Valentim Fernandes é descrita a forma de «navegar pelo quadrante».

¹⁵Silva, «A arte de navegar dos Portugueses, desde o Infante a D. João de Castro», p. 294.

¹⁶Gaspar, «From the portolan chart of the Mediterranean to the latitude chart of the atlantic, Cartometric analysis and modeling.», p. 180. Como concluído por Joaquim Alves Gaspar - «From the analysis made on the distance scales and the spacing between the Equator and the Arctic Circle it was possible to conclude that the

de Situ Orbis apresenta o valor de 18 léguas.¹⁷ Os vários valores encontrados nas fontes, em diferentes épocas, dá-nos a ideia da dificuldade que era ter uma referência consentânea para o valor da légua. Este valor foi variando com o tempo e dependia do raio assumido para a Terra.

A utilização da estrela Polar e a constelação da Ursa Menor não era unicamente para obter a direcção do norte geográfico, os marinheiros utilizaram-na para outros fins. Os nautas aperceberam-se que o seu movimento de rotação cíclico podia ser utilizado como relógio para saber a hora durante a noite. Os ponteiros desse relógio astronómico eram a posição relativa da constelação no seu movimento circumpolar nocturno.

Pela Polar era possível determinar a latitude do local onde o navio se encontrava, sem o piloto precisar de saber a distância entre esse local e o porto de origem. O conhecimento de que a altura da estrela do norte variava com a latitude já era conhecido, pelo menos, desde o século XIII¹⁸. Esse conhecimento vem documentado no *Tratado da Sphera* do frade inglês John of Hollywood (ou Johannes de Sacrobosco).

Os astrónomos sabiam que a Ursa Menor, ou Buzina¹⁹, era uma constelação circumpolar e que a estrela polar tinha uma diferença angular em relação ao Pólo do mundo. A diferença entre o pólo Boreal e a estrela Polar no século XVI, era maior do que a diferença actual, estima-se que seria aproximadamente de 3° 30'. Todavia, as opiniões dos cosmógrafos divergiam sobre o real valor. Contribuíam para essa confusão os instrumentos pouco precisos utilizados nas observações astronómicas. A título de exemplo, Pedro Nunes defendia um valor de 4° 09' ou 4° 10'.²⁰

O regimento do norte é um conjunto de regras práticas que indica ao navegante qual o incremento angular a adicionar ou subtrair para conseguir corrigir a altura instrumental da estrela polar. O mais antigo exemplo do regimento do norte encontra-se publicado no *Guia Náutico de Munique* de 1509.²¹

Determinar a latitude pela Polar obrigava os navegadores a compensar a diferença entre o Pólo e a estrela. A operação era fácil, quando a estrela estivesse na passagem meridiana do

module of 18 leagues per degree was adopted in the Cantino planisphere[...]

¹⁷Silva, «A arte de navegar dos Portugueses, desde o Infante a D. João de Castro», p. 355.

¹⁸Albuquerque, «A arte de navegar na época dos grandes descobrimentos», p. 26.

¹⁹Os navegadores portugueses designavam por Buzina a constelação da Ursa Menor, é frequente ver esta constelação representada por uma buzina nos nocturlábios.

²⁰Nunes, *Obras. Tratado da Sphera. Astronomici Introductorii de Spaera Epitome*, p. 143.

²¹Albuquerque, «A arte de navegar na época dos grandes descobrimentos», p. 33.

lugar, bastava adicionar ou subtrair o valor de $3^{\circ} 30'$ conforme ela se encontrasse abaixo ou acima do Pólo, em culminação inferior ou superior. O problema surgia quando a estrela não estivesse no meridiano do lugar. A necessidade de determinar o valor da correcção levou à criação do regimento do norte.

O regimento do norte, normalmente apresentado de forma gráfica, fornecia aos navegadores a correcção a aplicar ao valor observado com o instrumento, de acordo com a posição relativa da constelação Ursa Menor no firmamento, mais precisamente da posição relativa entre a estrela α (Polar) e β^{22} (guarda dianteira) da Ursa Menor.

Luciano Pereira da Silva exhibe uma descrição pormenorizada do modo de aplicação do regimento²³. Graficamente o regimento do norte era apresentado na forma de um homem virado na direcção do observador. As rodas do regimento eram desenhadas para um local, o *Guia náutico de Évora e Munique* apresentam rodas correspondentes à latitude de Lisboa.²⁴

Por exemplo, vamos demonstrar a utilização do regimento usando a representação gráfica presente na (Figura 2.2), neste caso o regimento assume que a diferença da estrela Polar para o pólo é de 3° . Quando a estrela Kochab (Figura 2.3)²⁵ se encontrasse na cabeça da imagem representada no regimento o observador iria observar a estrela Polar com uma altura instrumental de 36° , ou seja, tinha de se aumentar 3 graus à altura observada para ter o valor verdadeiro. Quando a Kochab ou guarda dianteira da Ursa Menor estivesse por exemplo no pé o observador, a estrela polar estaria na cabeça, com uma altura de 42° , neste caso, o observador teria de retirar 3 graus à altura determinada. O mesmo raciocínio se aplicava a cada uma das posições intermédias.

Além do regimento do norte, os pilotos utilizavam também o Sol na sua passagem meridiana. No capítulo LXVII do Livro II relativo ao astrolábio redondo dos *Libros del Saber de Astronomia*,

²²Esta estrela pode ser encontrada nos mapas celestes com o nome de Kochab.

²³Silva, «A arte de navegar dos Portugueses, desde o Infante a D. João de Castro», pp. 283-297.

²⁴Albuquerque, *O Guia Náutico de Munique e o Guia Náutico de Évora*. A roda do regimento do norte pode ser observado na p. 8 do fac-simile do *Guia Náutico de Munique* e p. 39 do *Guia Náutico de Évora*.

²⁵Pimentel, *Pratica de Navegar e Regimento de Pilotos*. O instrumento apresentado na obra de Luis Serrão Pimentel reproduzia os movimentos da constelação. A estrela Kochab, e toda a constelação da Ursa Menor, apresenta um movimento translacção em torno do Pólo, esse movimento permitia ao observador de forma directa deduzir as correcções a aplicar à altura instrumental determinada à estrela Polar. Os valores apresentados eram diferentes dos determinados no início do século XVI porque a posição da constelação foi variando com o decorrer do tempo. A imagem da constelação Ursa Menor na actualidade foi retirada do sítio: www.sky-lab.org (acedido em Agosto de 2012)

aparece a regra para saber a latitude das cidades pela altura do Sol em qualquer dia:

Si esto quisieres saber, toma la altura del sol en medio daquel dia, et guárdala, et sabe la declinacion daquel grado, et guárdala otrossi, et si fuer meridional annádela sobre la altura, et se fuer septentrional minguala dende, et lo que fuer ell altura despues dell annadimiento ó del mingumamiento, aquellq será la altura de la cabeça de Aries en to cibdat, et minguala de XC et fincará la ladeza.²⁶

A regra apresentada atrás para determinar a latitude recomenda a medição da altura do Sol no momento da passagem meridiana ou meio-dia. De seguida, o observador devia corrigir a altura observada através da adição ou subtração da declinação do sol, conforme o astro se encontrasse a norte ou a sul do equador. Por fim o observador subtraía a altura corrigida a 90° para assim saber a sua latitude. Uma leitura da regra presente no trecho transcrito leva-nos a concluir que o cálculo indicado só era correcto para as cidades situadas no Hemisfério Norte.²⁷

A determinação da latitude pela observação do Sol obrigava ao conhecimento da sua declinação²⁸. O Sol descreve uma trajectória de translacção anual aparente (figura 2.4)²⁹ em torno da Terra designada de Eclíptica. O plano da Eclíptica encontra-se inclinado em relação ao plano do equador terrestre. Ao longo do ano o Sol vai ocupando os diferentes lugares na eclíptica, a sua declinação vai variar desde o valor de 0° correspondente aos equinócios e o valor máximo de 23° 27' correspondente aos solstícios. Isto significa que fora dos equinócios o Sol apresenta sempre uma determinada diferença angular para o equador terrestre — a declinação. Esse valor tem de ser utilizado como factor de correcção na medição da altura do astro.

Os astrónomos compilaram tabelas que apresentavam o lugar do Sol e a sua declinação, importantes para auxiliar os navegadores na correcção da altura do Sol observada no instrumento. As primeiras tabelas utilizadas pelos portugueses para efeitos de navegação foram as tabelas do *Almanach perpetuum* de Abraham Zacuto. As tabelas solares de Abraham Zacuto foram traduzidas do hebreu para o latim pelo Mestre José Vizinho em 1496. Eram constituídas por

²⁶Rico y Sinobas, *Libros del saber de astronomia del Rey D. Alfonso X de Castilla*, p. 196.

²⁷Na concepção geográfica Medieval a zona dos trópicos era inabitável, pelo que não seria necessário ter regras para os locais a sul do equador.

²⁸A declinação do Sol é o arco entre o Sol e o equador terrestre.

²⁹Imagem recolhida no *American Practical Navigator* — A primeira edição do *American Practical Navigator* foi publicada em 1802. Foi consultada a edição disponível para consulta e transferência no sítio da *National Geospatial-Intelligence Agency American Practical Navigator*, Acedido em Agosto de 2011

cinco tabelas, quatro que indicavam o lugar do Sol no Zodíaco em cada ano e uma última que permitia saber a declinação do Sol correspondente ao lugar ocupado no Zodíaco³⁰. As tabelas correspondiam ao primeiro grupo quadrianual de 1473 a 1476 e a partir delas podia-se achar a posição do Sol para outros grupos quadrianuais aplicando uma correcção angular em cada revolução³¹. As tabelas que vemos publicadas nos livros de marinharia foram construídas a partir do *Almanach perpetuum* aplicando as correcções angulares no lugar do Sol.

O regimento do Sol³² era um conjunto de regras que indicava ao observador as operações matemáticas de adicção e subtracção dos valores tabelados da declinação da estrela. Os valores retirados das tabelas permitiam corrigir a altura instrumental observada. O regimento era fundamental para calcular a altura do Pólo ou latitude sendo aplicado na situação de passagem meridiana do Sol³³.

O regimento do norte foi amplamente utilizado e serviu os objectivos da navegação enquanto os navios navegaram a norte da linha do equador. Com a passagem da linha do Equador e entrada no Atlântico Sul a estrela do norte deixou de ser visível. Tornou-se necessário procurar uma alternativa. A alternativa encontrada pelos navegadores foi o Carro ou Cruzeiro do Sul que tinha uma diferença para o polo de aproximadamente 30°. Embora apresentasse uma grande diferença para o Pólo, o alinhamento das estrelas α (Crucis ou pé) e γ (cabeça) da constelação apontavam o Pólo motivando o interesse dos navegadores.

O Cruzeiro do Sul, já identificado desta forma, aparece pela primeira vez descrito no *Livro de Marinharia de João de Lisboa*, de 1514.³⁴ No texto, João de Lisboa descreve um conjunto

³⁰Infopédia - Enciclopédias e Dicionários Porto Editora. O Zodíaco é a zona da esfera celeste compreendida entre os dois paralelos eclípticos de 8 graus N e 8 graus S de latitude celeste, dividida ao meio pela eclíptica, por onde se distribuem as 12 constelações zodiacais (Aries, Taurus, Gemini, Cancer, Leo, Virgo, Libra, Scorpius, Arcitenens, Caper, Amphora, Pisces), cada uma no respetivo signo, e que o Sol parece percorrer num ano. É frequente ver referida a posição do Sol pelo signo que ocupa.

³¹Silva, «A arte de navegar dos Portugueses, desde o Infante a D. João de Castro», pp. 312-314. De acordo com Luciano Pereira da Silva a correcção angular aplicada às tabelas do *Almanach perpetuum* para saber o lugar do Sol na eclíptica em cada ciclo de quatro anos era de 1' e 46" de arco.

³²ibid., pp. 311-33. Luciano Pereira da Silva apresenta uma descrição pormenorizada das tabelas solares de do regimento do Sol.

³³Passagem meridiana de um astro é o momento em que o astro passa no meridiano do lugar, ou seja, o meridiano do astro e o meridiano do lugar são coincidentes

³⁴Lisboa, *Livro de Marinharia. Tratado da agulha de marear de João de Lisboa. Roteiros, sondas e outros conhecimentos relativos à navegação*, p. 39.

de regras análogas às do regimento do norte.³⁵

O regimento com o Cruzeiro do Sul encontra-se publicado em diversas fontes textuais e cartográficas. Era frequente publicar atlas acompanhados das tabelas da declinação do Sol e os regimentos destinados à determinação da latitude por observação da estrela Polar e do Cruzeiro do Sul. O bom exemplo desta prática pode ser observado no Atlas de Bartolomeu Velho de 1560 (Figura 2.6).³⁶

O conhecimento das marés era importante para o planeamento da entrada dos navios nos portos, e também para a guerra. Pela sua importância os navegadores preocuparam-se em encontrar regras para estimar a hora da maré. A maré é uma manifestação da força gravítica exercida pelo Sol e pela Lua³⁷. No século XVI não se conhecia a força gravítica, porém, os mareantes sabiam que a maré variava com a idade da Lua de uma forma cíclica. Como era um fenómeno repetitivo era possível estimar a maré sabendo a idade da Lua. João de Lisboa dedica a este assunto dois parágrafos, um primeiro que trata - «Da maneira que as de tirar as mares em terras nouas: ou em outras quais quer terras que quiseses saber como se correm» - o segundo que trata - «Regra pera saberes as marees a que horas do dia sam».³⁸ O *Livro de Marinharia de João de Lisboa* explica como determinar o dia da lua nova. A partir desse dia facilmente se determinava a idade da lua, número de dias decorridos desde a lua nova. O texto ensina o leitor a achar a letra dominical que lhe permitiria saber os dias festivos e construir o calendário. Não vamos aprofundar as regras presentes no *Livro de Marinharia* neste trabalho: Luciano Pereira da Silva apresenta uma descrição pormenorizada do método utilizado pelos pilotos para estimar as marés³⁹.

Atrás, apresentámos de forma muito sintetizada as diversas regras e métodos que permitiam obter os principais elementos utilizados na navegação: rumo, latitude, distância e marés. A latitude era a principal coordenada geográfica e única possível de calcular com a tecnologia

³⁵Os valores publicados resultaram das observações que fez em Cochim juntamente com Pero Anes, em 1506.

³⁶Velho, *Guide To Medieval and Renaissance Manuscripts in the Huntington Library - Manuscript HM44: BARTOLOMEU VELHO, PORTOLAN ATLAS, Portugal, ca. 1560*. URL: <http://sunsite3.berkeley.edu/hehweb/HM44.html> (acedido em Agosto de 2011)

³⁷A compreensão sobre o fenómeno gerador da maré só foi atingida depois da publicação dos trabalhos de Isaac Newton sobre a lei de atracção universal entre os corpos no século XVII. Mais exactamente com a publicação da obra *Philosophiæ Naturalis Principia Mathematica* em 1687.

³⁸Lisboa, *Livro de Marinharia. Tratado da agulha de marear de João de Lisboa. Roteiros, sondas e outros conhecimentos relativos à navegação*.

³⁹Silva, «A arte de navegar dos Portugueses, desde o Infante a D. João de Castro», pp. 411-22.

disponível no século XVI.

Pensamos ter deixado claro que a arte de navegar no século XVI pode ser entendida como um conjunto de regras simplificadas e empíricas de determinação da posição do navio, coordenada da latitude e estima do caminho percorrido. As regras que encontramos na arte de navegar são simplificações das metodologias já há muito utilizadas pelos astrónomos. O processo evolutivo de simplificação resultou de um ambiente social pouco letrado, que necessitava de um conjunto de regras claras e simples, enfim, de fácil utilização no mar a bordo das naus.

Os Homens do mar aplicavam os regimentos sem conhecer a teoria que os justificavam, sem entender as explicações Sacrobosco sobre a esfera, nem os elaborados cálculos de trigonometria esférica.

Pedro Nunes manifestou-se contra o pensamento pré-existente de arte da navegar e tentou introduzir o conceito de ciência da navegação. Utilizámos a palavra «tentar» porque os pilotos não aceitaram as sugestões de Pedro Nunes, debelaram-se contra as suas propostas, não entendendo o cosmógrafo. O ambiente social não estava preparado para acolher o pensamento científico de Pedro Nunes, vindo a decorrer vários anos até a navegação ser encarada e estudada enquanto ciência. Henrique Leitão apresenta um pertinente estudo sobre esta novidade de pensamento introduzida por Pedro Nunes. Porventura, o principal e grande contributo de Pedro Nunes para a náutica ter evoluído enquanto ciência, e muitas vezes esquecido. Quando tentamos distinguir entre arte e ciência é possível identificar um antes e um pós Pedro Nunes. O cosmógrafo, nas suas obras, procurou alertar para a necessidade de conhecer os princípios matemáticos e científicos em que se sustentava a arte de navegar. Todos os textos e estudos publicados por Pedro Nunes são acompanhados das respectivas explicações matemáticas e científicas. Ele estava convicto que conhecendo os princípios matemáticos e verdadeiros os pilotos podiam utilizar correctamente os métodos, detectar os erros, criticá-los e evoluir. A obra de Pedro Nunes é um marco pioneiro na passagem de *Ars* para *Ratio*, como demonstrado por Henrique Leitão no estudo anteriormente indicado.

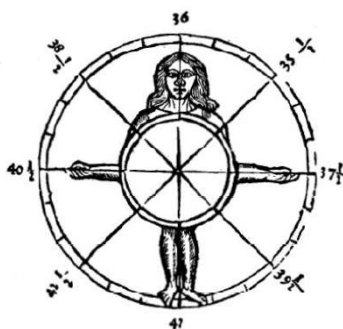
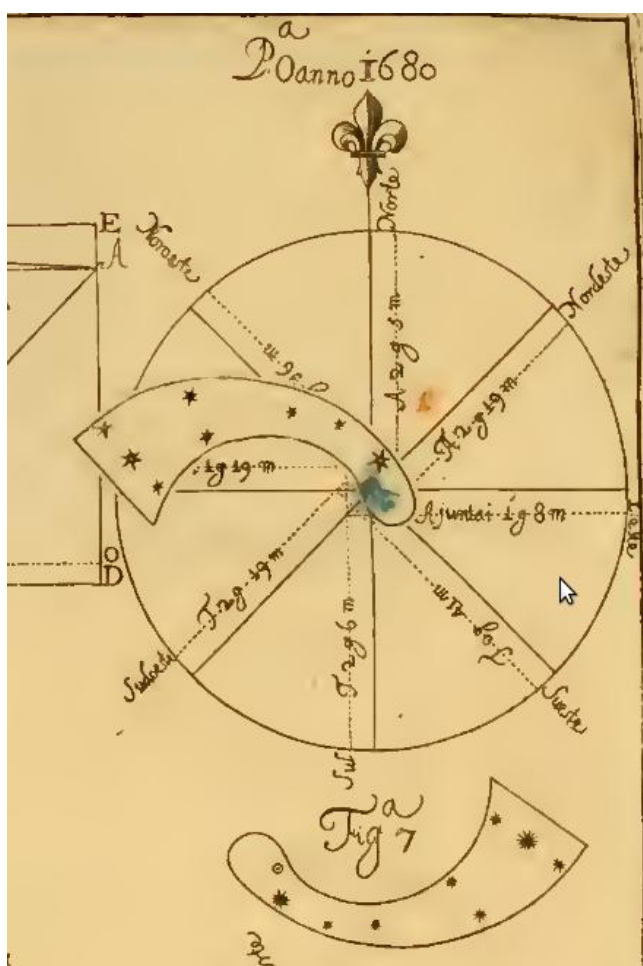
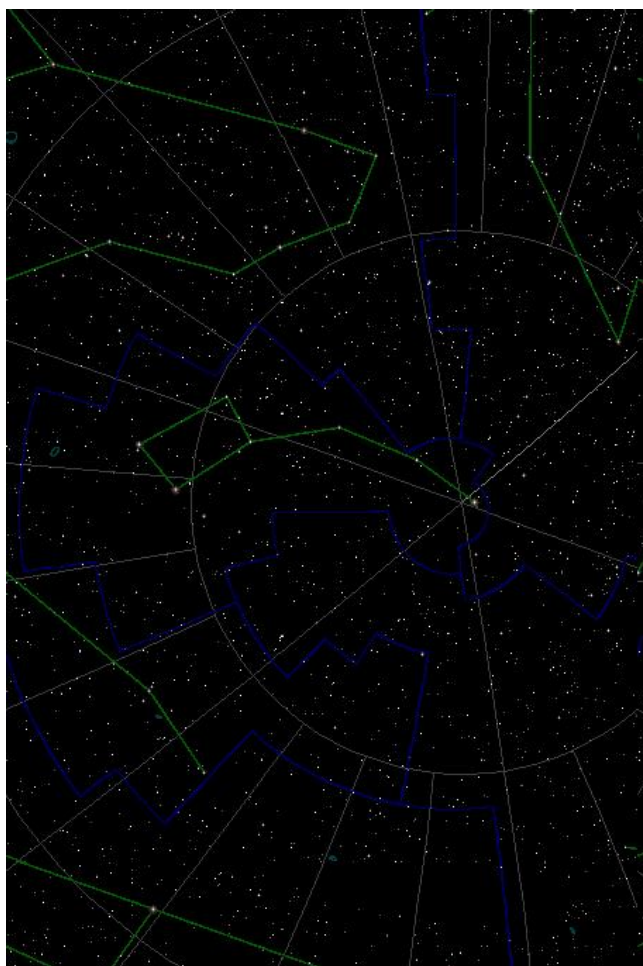


Figura 2.2: Representação de uma roda do regimento do norte
(retirado do *Reportório dos Tempos* de Valentim Fernandes de 1518)



(a) Instrumento



(b) Ursa Menor

Figura 2.3: Representação de um instrumento para facilitar a aplicação do Regimento do Norte publicado no *Prática e arte de navegar* de Luiz Serrão Pimentel de 1681 e a constelação da Ursa Menor na actualidade

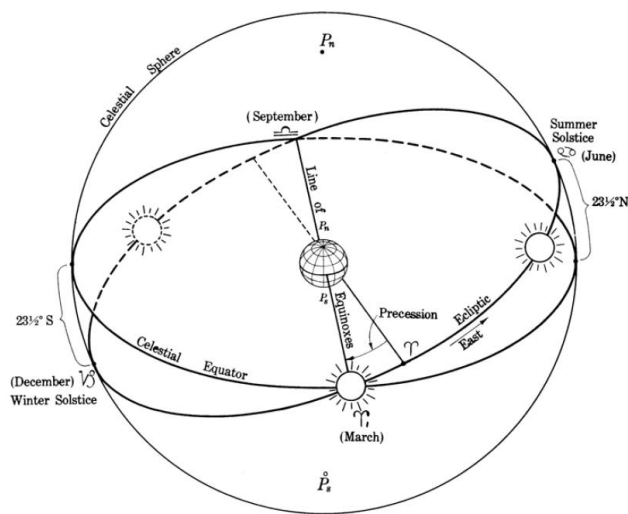


Figura 2.4: Representação do movimento aparente do Sol na eclíptica
(retirado do *American Practical Navigator* 2002)

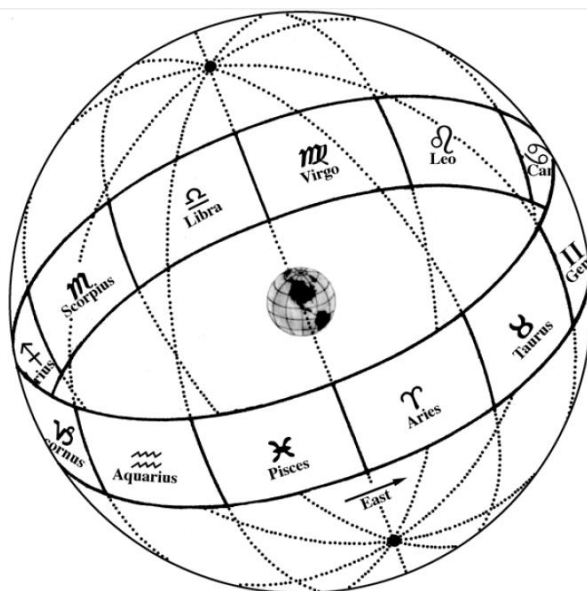


Figura 2.5: Representação do Zodíaco
(retirado do *American Practical Navigator* 2002)

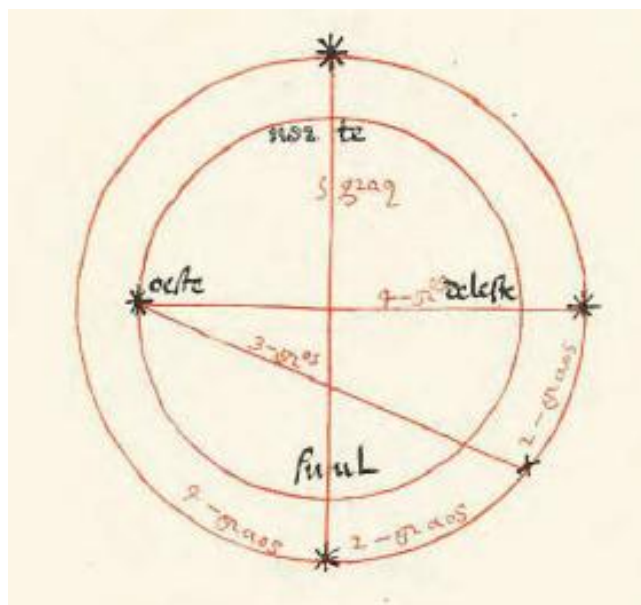


Figura 2.6: Representação gráfica do Regimento da estrela do sul
(retirado do *Livro de Marinharia de João de Lisboa*)



Figura 2.7: Regimento do Cruzeiro do Sul e da estrela do norte
(presente no Atlas de Bartolomeu Velho de 1560)

Capítulo 3

Instrumentos náuticos no século XVI

Neste capítulo pretendemos passar em síntese os principais instrumentos náuticos dos navegadores contemporâneos de Pedro Nunes. Esta breve apresentação dos instrumentos correntes na arte de navegar permitirá ao leitor observar as diferenças e evoluções propostas pelo cosmógrafo.

Agulha

A agulha magnética foi amplamente utilizada nas navegações. No oceano, os mareantes tinham as estrelas para os orientar durante a noite. Porém, durante o dia era impossível aos marinheiros encontrarem referências sobre a direcção em que navegavam. A agulha fornecia-lhes uma referência horizontal apontando sempre a direcção do norte magnético.

Segundo Eva Taylor a agulha magnética terá sido utilizada na China por volta do século XI. Daí terá sido introduzida no Mediterrâneo pelos Árabes.¹

Segundo Salvador Garcia Franco² a versão primitiva da agulha magnética era constituída

¹Taylor, *The Haven Finding Art. A History of Navigation from Odisseus to Captain Cook*, p. 96 «It is certain, nevertheless, that the magnetic needle was in general use, and had long been in use, when Alexander Neckam mentioned it. As to the common story that it had been brought in from China by Arab sailors, there is no evidence whatsoever to support it. A 'south-pointing chariot' known from very ancient times in China has been proved to be no magnetic instrument at all, but a mechanical toy. A south-pointing needle is, however, mentioned between A.D. 1086 and 1093, while a few years later, between 1101 and 1103, its use on shipboard is remarked upon in Chinese annals. If the Arabs knew and used the needle, the fact is not recorded until 1243, while their borrowing a name for the magnetic compass from the Italians should not be overlooked.»

²Garcia Franco, *Instrumentos nauticos en el Museo Naval*, p.20.

por uma barra metálica magnetizada ou uma cana que no interior tinha pó de magnetite. O dispositivo era colocado a flutuar sobre uma placa de cortiça num recipiente com líquido. Influenciado pelo magnetismo terrestre o conjunto orientava-se em direcção ao norte magnético.

Nos finais do Século XIII, Pedro de Maricourt ou Petrus Peregrinus escreveu um tratado sobre a agulha magnética - *Epistola Petri Peregrini de Maricourt ad Sygerum de Foucaucourt, militem, de magnete*³ datado de 8 de Agosto de 1269. Esse trabalho apresenta-se muito preciso e detalhado sobre as características da agulha. Explica como colocar uma agulha a rodar livremente sobre um pivô e descreve a rosa e como deve ser dividida em 360 graus. Nesta obra, Pedro de Maricourt apresenta todos os componentes da agulha de marear utilizada nos séculos seguintes.

O conjunto utilizado no século XV, um ferro magnetizado que rodava livremente sobre um cartão com a rosa-dos-ventos desenhada, foi assim montado por Flávio Gioia por volta de 1302⁴. A rosa-dos-ventos de 32 rumos, onde os rumos encontram-se separados de 11,25° (uma quarta) terá inspiração árabe.⁵

As agulhas de aço não tinham magnetismo permanente. Eram cevadas com pedras de cevar, que em Portugal eram provenientes da zona do Alvito. A pedra, após friccionada, era colocada em contacto com a agulha magnetizando-a. A agulha magnetizada ficava com propriedades magnéticas orientando-se paralelamente às linhas de fluxo magnético terrestre em direcção ao norte magnético. A magnetização da agulha diminuía com o tempo. O piloto tinha de repetir a operação de cevar a agulha de tempos a tempos no decurso de navegação.⁶

Em todos os tratados de navegação do século XVI aparecem descrições mais ou menos elaboradas da agulha magnética utilizada a bordo. A título de exemplo Rodrigo Zamorano descreve a agulha de marear (Figura 3.1)⁷ e a caixa onde a agulha era acondicionada.

³Garcia Franco, *Instrumentos nauticos en el Museo Naval*, p.24.

⁴Costa, *A Marinharia dos Descobrimentos*, p. 164.

⁵Pereira, José Manuel Malhão; Pedrosa, Fernando Gomes, «Instrumentos e métodos de navegação», p. 253. Schmidl, *Two Early Arabic Sources on the Magnetic Compass*, Disponível para consulta em formato digital na página: <http://www.lancs.ac.uk/jais/volume/index.htm> (Acedido em Agosto de 2011).

⁶Costa, *A Marinharia dos Descobrimentos*, p. 165. Segundo Fontoura da Costa as agulhas portuguesas até 1614 eram constituídas por dois ferros, colocados de forma a apontarem o norte. Após essa data tornou-se corrente a utilização de agulha de marear de um ferro.

⁷Zamorano, *Compendio del arte de nauegar / del licenciado Rodrigo Çamorano, cosmografo y piloto mayor de su Magestad, catedratico de cosmografia en la casa de la Contratacion de las Indias*. A obra pode ser acedida no sitio da Biblioteca Digital da Universidade de Sevilha

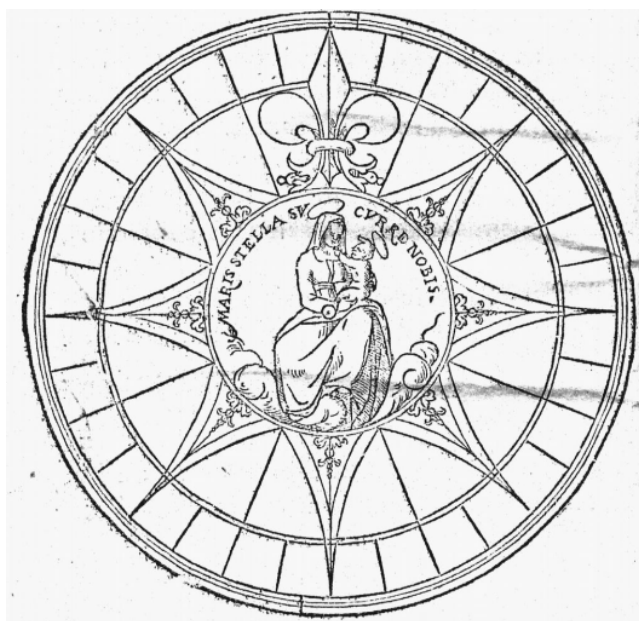


Figura 3.1: Representação dos 32 ventos da Rosa-dos-ventos da agulha de Marear (retirado do *Compêndio da arte de Navegar* de Rodrigo Zamorano de 1591)

Relógios

A noção de tempo teve a sua origem na sucessão dos dias. O movimento cíclico do Sol determinava o ritmo da vida do Homem. Os primeiros relógios eram registadores do movimento aparente do Sol. Através deles, conseguia-se obter a direcção da sombra do Sol e determinar a hora do dia. Foram desenvolvidos vários tipos de relógios: relógios de Sol e relógios universais.

Não há registo da utilização dos relógios de Sol a bordo dos navios. Só podiam ser utilizados em terra, eram construídos para uma determinada latitude e necessitavam de manter a horizontalidade para fornecer as horas com alguma precisão.⁸

Os relógios universais foram desenvolvidos a partir dos relógios de Sol e permitiam uma utilização mais alargada. O utilizador tinha capacidade de ajustar o instrumento para a latitude onde se encontrava. Podiam teoricamente ser utilizados em qualquer latitude, embora não permitissem observar a hora na passagem meridiana e nos dias em que o Sol apresentava

<http://fondosdigitales.us.es/fondos/libros/675/7/compendio-del-arte-de-nauegar/> (Acedido em Agosto de 2011)

⁸Garcia Franco, *Instrumentos nauticos en el Museo Naval*, pp. 97-101.

declinação nula.⁹

Os dispositivos de determinação da hora e conservação do tempo a bordo foram principalmente as ampulhetas e os nocturlábios. Vamos descrever de forma mais profunda esses instrumentos.

O instrumento destinado a marcar a cadência da vida a bordo dos navios era a ampulheta ou relógio de areia. Existiam ampulhetas de meia hora e de uma hora. Há referência da presença desse instrumento a bordo de navios portugueses no século XV. Num inventário de apresamento de uma galeota portuguesa em 1417 aparecem referidas duas ampulhetas de uma hora.¹⁰ A ampulheta era constituída por dois recipientes de vidro de forma cónica (forma de pêra) unidos pelos vértices. O conjunto era mantido na sua posição através de um suporte, normalmente de madeira. Entre os recipientes existia um pequeno orifício de comunicação por onde passava areia fina ou grãos muito finos de mármore negro.¹¹ As ampulhetas eram construídas de forma a acondicionar uma quantidade de areia que escorria de um recipiente para o outro de acordo com o quantidade de tempo pretendida. A bordo dos navios existiam normalmente ampulhetas de meia-hora que eram viradas por um elemento da guarnição dedicado a esse serviço. Eram frequentes os erros por motivo da ampulheta ser virada antes ou depois de terminar a passagem da areia. A ampulheta a bordo era utilizada para diversos fins. No diário da viagem de Cristovão Colombo aparecem referências temporais com recurso à ampulheta, como a estimativa da distância percorrida através da quantidade de vezes que a ampulheta era virada, a cadência dos quartos de serviço, contados por oito ampulhetas de meia hora prefazendo quatro horas. Vejamos as referências apresentadas em 22 de Janeiro de 1493:

Ayer despues del sol puesto navegó al Nornordeste con viento leste y tomaba del Sueste: andava ocho millas por hora hasta pasadas cinco ampolletas, y tres antes que se comenzase la guardia, que eram ocho ampolletas: y asi habria andado setenta y dos millas, que son diez y ocho leguas. Despues anduvo á la quarta del Nordeste al Norte seis ampolletas, que serian otras diez y ocho millas. Despues quatro ampolletas de la segunda guarda al Nordeste seis millas por hora, que son tres leguas al Nordeste. Despues hasta el salir del sol anduvo al Lesnordeste once ampolletas, sis leguas por hora, que son siete leguas. Despues al Lesnordeste hasta las once horas del dia, treinta y dos millas. Y así calmó el viento y no

⁹Garcia Franco, *Instrumentos nauticos en el Museo Naval*, pp. 109-11.

¹⁰Pereira, José Manuel Malhão; Pedrosa, Fernando Gomes, «Instrumentos e métodos de navegação», p. 252.

¹¹Garcia Franco, *Instrumentos nauticos en el Museo Naval*, p. 92.

anduvo mas en aquel dia. Nadaron los indios. Vieron rabos de juncos y mucha yerba.¹²

No *Tratado del Sphera y del arte del marear*[...] de Francisco Faleiro é recomendada a determinação da passagem meridiana do Sol com um relógio de areia. Francisco Faleiro considerava a ampulheta o instrumento mais rigoroso para determinar o meio-dia.¹³

O nocturlábio era um dispositivo gráfico que permitia saber a hora à noite devido à posição da constelação Ursa Menor. O dispositivo era construído normalmente em madeira e apresentava gravações nas duas faces.

Na face da frente apresentava normalmente três discos. O primeiro, com uma escala dos 12 meses do ano divididos de 5 em 5 dias. Um segundo, com a escala de horas, rodava de forma a iniciar a contagem no dia respectivo. Por fim, um disco que se orientava de acordo com a posição relativa das constelações utilizadas. No exemplo da figura 3.2 de Martin Cortez vemos representada a Buzina ou constelação da Ursa Menor. Orientando a buzina do instrumento de acordo com a posição da Ursa Menor no firmamento, o observador obtinha a hora da noite.

O instrumento apresentava uma escala de meses e dias porque a Terra efectua o movimento de translação que faz com que o dia sideral¹⁴ seja mais pequeno em quatro minutos do que o dia civil¹⁵.

O planeta descreve um movimento de translação em torno do sol à ordem de aproximadamente um grau por dia (360° em 365 dias). O movimento de translação faz com que no fim de cada dia sideral seja necessário a Terra rodar mais um grau para completar o dia civil.

Com exactidão, o dia civil é três minutos e cinquenta e seis segundos mais longo do que o dia sideral.¹⁶ Na figura 3.4 retirada da *Cosmographia* de Pedro Apiano o observador visa a

¹²Fernandez de Navarrete, *Relaciones, Cartas y Otros Documentos, Concernientes a los cuatro viages que hizo El Almirante D.Cristobal Colon para el Descubrimiento de las Indias Occidentales*, pp. 142-43.

¹³Faleiro, «Tratado da esphera y del arte del marear», pp. 9-sg.

¹⁴*Infopédia - Enciclopédias e Dicionários Porto Editora* (Acedido em Agosto 2011). Dia sideral: período de tempo que decorre entre duas passagens consecutivas do ponto vernal pelo semimeridiano superior de um lugar com a duração de 24 horas siderais;

¹⁵ibid. (Acedido em Agosto 2011). Dia civil: tempo que decorre entre duas passagens inferiores do Sol médio no mesmo meridiano (começa 12 h antes da passagem superior do Sol e termina 12 h depois);

¹⁶Como a órbita da Terra em torno do Sol é elíptica, a velocidade de translação da Terra em torno do Sol não é constante, causando uma variação diária de um grau e seis minutos de arco (4m27s) em dezembro, e cinquenta e três minutos de arco (3m35s) em junho. *Astronomia e Astrofísica* Informação recolhida no sítio <http://astro.if.ufrgs.br/coord.htm> (acedido em Agosto de 2011).



Figura 3.2: Representação de um nocturlábio
(reprodução a partir da *Arte de Navegar* de Martin Cortez de 1551)

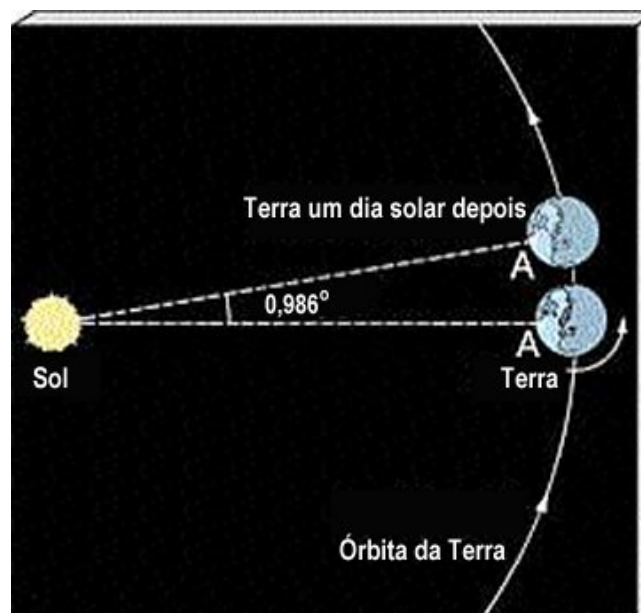


Figura 3.3: Translação da Terra num dia sideral

estrela Polar e estrelas α (Dubhe) e β (Merak) da constelação Ursa Maior.



Figura 3.4: Modo de utilização do nocturlábio
(reprodução a partir da *Cosmographia* de Pedro Apiano de 1575)

No verso do instrumento normalmente encontrava-se o regimento do norte. Uma rosa-dos-ventos com as correcções a aplicar à altura da Polar de acordo com a sua posição relativa.¹⁷

Quadrante náutico

O quadrante náutico era fundamentalmente constituído por um quarto de círculo graduado de 0 a 90°, normalmente em madeira. De construção simples, era leve e fácil de utilizar. O observador visava o astro pelas pínulas, através dos orifícios centrais. Do ponto de confluência das arestas do quarto de círculo pendia um prumo que indicava ao observador o valor dos ângulos verticais.

As origens do instrumento situam-se em data anterior ao século XI. As referências ao *Quadrans Vetus* aparecem pela primeira vez na Europa, em Montpelier no século XII¹⁸. O *Quadrans Vetus* aparece em textos árabes do século IX-X¹⁹. No século XIII o astrónomo judeu Profatius de Montpellier alterou o *Quadrans Vetus* adicionando projecções e a escala da eclíptica criando o *Quadrans Novus*. Estes instrumentos eram tábuas de cálculo como os astrolábios, utilizados para efectuar diversos cálculos astronómicos.²⁰

¹⁷Garcia Franco, *Instrumentos nauticos en el Museo Naval*, pp. 117-19.

¹⁸Calvo, *A Shared Legacy: Islamic Science East and West : Homage to Professor J. M. Millàs Vallicrosa*, p. 341.

¹⁹King, «A "Vetustissimus" Arabic treatise on the "Quadrans vetus"», p. 237.

²⁰Calvo, *A Shared Legacy: Islamic Science East and West : Homage to Professor J. M. Millàs Vallicrosa*, p.

António Estácio dos Reis, num estudo sobre o quadrante náutico, faz referência ao *Quadrans Vetus* ou astrolábio quadrante. Indica que o instrumento foi descrito, em 1288, pelo astrónomo Jacob Tibbon Ben Makin. Esse astrónomo redigiu o *Tratado do Quadrante Moderno*, onde apresentava um quadrante com todas as funcionalidades de um astrolábio planisférico, permitindo realizar os diversos cálculos astronómicos. Embora engenhoso, segundo António Estácio dos Reis, o astrolábio quadrante não teve muita aceitação, sobretudo devido à complexidade da sua utilização.²¹

Nos *Libros del Saber* redigidos no século XIII, encontramos um capítulo dedicado ao quadrante - *Libro del quadrante pora rectificar*.²² No prólogo do livro é indicado o sábio Rabiçag como seu autor. O livro foi redigido em Toledo por ordem do Rei Afonso X em 1277.²³

A data em que o instrumento foi adoptado entre os pilotos portugueses não é possível de precisar. A referência mais antiga à utilização do instrumento por portugueses encontra-se na *Relação de Diogo Gomes*, escrita por Martin Behaim. Nesse texto aparece a indicação clara da determinação da altura da estrela polar com o quadrante, no ano de 1460:

Eu tinha um quadrante, quando fui a essas paragens, e escrevi na tábua do quadrante a altura do polo Ártico, achando-o melhor do que na carta. É verdade que numa carta se vê a rota a navegar, mas se alguma vez se introduz um erro, nunca se volta ao ponto primitivo.²⁴

Nos inícios do século XVI, o quadrante ainda era transportado a bordo dos navios conjuntamente com os astrolábios. Esta conclusão fundamenta-se por exemplo na relação de instrumentos que iam a bordo da armada de Fernão de Magalhães.

- 23 cartas de marear em pergaminho da autoria de Nuño Garcia;
- 6 pares de compassos;

341.

²¹Reis, «O quadrante náutico», p. 247.

²²Rico y Sinobas, *Libros del saber de astronomia del Rey D. Alfonso X de Castilla*, p. 287-sg. A colectânea de obras técnicas de astronomia presente na colecção dos Libros del Saber de astronomia é uma importante fonte para o estudo da astronomia da Idade Média. A obra pode ser consultada em formato digital no sítio da universidade de Cádiz - <http://rodin.uca.es:8081/xmlui/handle/10498/7202> [acedido em Maio 2011]

²³Ibid., p. 287-sg.

²⁴Sintra, *Descobrimento Primeiro da Guiné*, p. 91.

- 21 quadrantes de madeira;
- 6 astrolábios de metal;
- 1 astrolábio de madeira;
- 35 agulhas de marear;
- 4 caixas grandes para 4 agulhas;
- 18 relógios de areia;

Esta relação de instrumentos é prova de que nos anos vinte do século XVI nas expedições marítimas espanholas, os quadrantes e astrolábios eram utilizados em conjunto. Será de supor que esta prática se aplicava aos reinos da Península Ibérica, onde os costumes náuticos seriam partilhados pelo constante contacto marítimo. No século XVII o instrumento continua a ser descrito nos tratados de navegação. O quadrante aparece por exemplo na *Arte de navegar* do Padre Simão de Oliveira de 1606.

A primeira representação gráfica portuguesa de um quadrante aparece numa carta de Diogo Ribeiro datada de 1525. A imagem está acompanhada de uma legenda²⁵ que indica a utilização do instrumento para determinar a latitude:

E assim com ele podes tomar a elevação do sol ou de outra estrela para saber a região onde estás andando pelo mar ou pelos desertos[...]

A representação portuguesa mais antiga a seguir à carta de Diogo Ribeiro encontra-se no *Reportório dos Tempos* datado de 1563 (Figura 3.7)²⁶.

O Padre Francisco da Costa, no seu *Tratado de Hidrografia e a Arte de Navegar* apresenta um quadrante dos quadrantes, que utilizaria o nónio de Pedro Nunes²⁷. O quadrante evoluiu para o quadrante de dois arcos ou quadrante de Davis, muito utilizado entre os Ingleses como indicado por Manuel Pimental e para o quadrante de só arco com uma pínula que gira em torno do vértice.

Pedro Nunes refere-se ao quadrante na sua obra *De arte atque ratione navigandi*, expressando uma opinião favorável ao instrumento. Indica o quadrante como sendo «um instrumento

²⁵Cortesão, *Cartografia e Cartógrafos portugueses dos séculos XV e XVI. Contribuição para um estudo completo*, p. 143. Armando Cortesão reproduz a legenda presente no planisfério de Weimar de 1527.

²⁶Fernandez, «Reportório dos tempos», p. 479.

²⁷Albuquerque, *Duas obras inéditas do Padre Francisco da Costa*, p. 134.

muito adequado para tomar as alturas do Sol e dos outros astros»²⁸, contudo refere que o «fio de prumo» do instrumento devia de ser substituído por uma «régua com um peso fixo». Justifica essa alteração no facto do fio ficar preso no corpo do instrumento tornando incertas as alturas que são medidas nele. A régua rígida devia ser construída de forma que mantivesse a todo o momento a perpendicularidade ao plano do horizonte.

Os instrumentos destinados à medição da altura dos astros, na opinião de Pedro Nunes, apresentavam medições inexactas mesmo quando corretamente construídos, isto devia-se às dimensões dos mesmos. A pequenez do instrumento não permitia que a sua escala fosse dividida por forma a apresentar valores inferiores ao grau. A preocupação do cosmógrafo, adequada às medições em astronomia, mostrava-se desajustada na realidade náutica. Os mareantes estimavam os valores intermédios aos valores inteiros e essa precisão satisfazia as suas necessidades.

Astrolábio náutico

O astrolábio foi outro dos instrumentos de observação astronómica com uma utilização náutica. Este instrumento derivou do astrolábio planisférico²⁹.

Nos *Libros del Saber de Astronomia* aparece descrita a construção de um astrolábio, passo a passo. No mesmo capítulo é apresentada a metodologia de utilização do instrumento. Este instrumento foi amplamente utilizado no decorrer do século XVI, como comprovado pelo elevado número de vestígios arqueológicos encontrados nas escavações subaquáticas. Todos os astrolábios náuticos recolhidos nos naufrágios apresentam a particularidade de serem posteriores a 1540. Porém, o instrumento já era utilizado antes dessa data.

Nos *Libros del saber* encontram-se publicados tratados que descrevem a construção do astrolábio esférico e planisférico. O astrolábio esférico era uma representação esférica do céu, um instrumento grande e de difícil transporte. Naturalmente, a sua evolução transformou-o num objecto transportável: o astrolábio planisférico. Neste caso o céu visível estava projectado no plano através de um conjunto de anéis. Com ele, o astrónomo podia prever os movimentos astronómicos, determinar a hora e efectuar os diversos cálculos de astronomia judiciária, muito importante na vivência social e na medicina.

²⁸Nunes, *Obras. De arte atque ratione nauigandi*, p. 360.

²⁹O astrolábio planisférico era uma projecção da esfera celeste e destinava-se aos cálculos astronómicos.

O astrolábio planisférico de forma simplificada era uma «máquina de cálculo astronómico». Enquanto tal, apresentava possibilidades de cálculo desnecessárias a bordo dos navios. Os pilotos não possuíam conhecimentos nem destreza para utilizar o astrolábio planisférico e as necessidades da navegação resumiam-se à determinação da altura do astro. Por esses motivos toda a informação não utilizada pelos pilotos foi retirada do astrolábio planisférico, aparecendo desta forma o astrolábio náutico.³⁰

A posição escolhida para a origem da graduação dos astrolábios não era uniforme. Alguns instrumentos apresentavam o limbo graduado desde o horizonte ao zénite. Outros, tinham a graduação com início da escala no zénite. Este último exemplo tinha a vantagem do utilizador determinar de forma directa a distância zenital. Esse segundo método de graduação terá origem portuguesa, como comprova a passagem presente no capítulo VIII da segunda parte do livro *Certain Errors in Navigation detected and Corrected by Edw. Wright*, datado de 1657. O capítulo apresenta o seguinte título: «Another manner of accounting by the Sun, as they use in Portugall» e depois apresenta a seguinte descrição dos astrolábios «Some Astrolabes there bee, whose account beginneth not from the Horizon, but from the Zenith, and endeth with 90 degr. in the Horizon; and the heighth taken by them is nothing else but the distance of the sun from our Zenith.»³¹

Existem várias fontes que referem a utilização do instrumento anterior ao ano de 1540. Na relação de instrumentos transportados pela armada de Fernão de Magalhães em 1519 figuram: 7 astrolábios, 6 de metal e um de madeira.

Em 1497, segundo o cronista João de Barros, Vasco da Gama mandou o piloto observar a altura do sol em terra, na baía de Santa Helena.

E a primeira terra ã tomou ante de chegar ao cabo de boa Esperança, foi a baia a ã ora chamão de Sancta Helena, auendo cinco mese ã era partido de Lisboa: onde saio em terra por fazer agoada & assi tomar a altura do Sol. Porã como do uso do astrolabio pera aquelle mister de nauegação, auia poco tẽpo ã os mareantes deste reyno se aproueitava,

³⁰Ribeiro, *Cartografia náutica portuguesa dos séculos XV a XVII*, p. 34.

³¹Wright, *Certain errors in navigation detected and corrected by Edw. Wright; with many additions that were not in the former editions (1657)*, p. 25.

& os nauios erão pequenos: não cõfiaua muito de a tomar dentro nelles por causa do seu ârfar. Principalmente com hũ astrolabio de pao de tres palmos de diametro o qual armauão em tres paos a maneira de cabrea por melhor segurar a linha solar[...] ³².

Nesta passagem, o autor indica-nos que o astrolábio era em madeira de três palmos. A sua dimensão obrigava à montagem do instrumento num tripé - à maneira de cábreá. Através desta passagem chega-nos a indicação da presença a bordo de astrolábios de latão mais pequenos.

Certo é que os diversos instrumentos náuticos coexistiram a bordo, como fica provado pela lista de instrumentos da Armada de Fernão de Magalhães e a referência a um ataque ao navio pesqueiro português de João Gomes em 1529 por corsários franceses, onde vem referido que os corsários levaram «agulha e astrolábio e balestilha e regimento para a arte de navegar» .

O balanço dos navios dificultava a observação dos astros e provocava erros nas observações que se refectiam na determinação da latitude. Era vulgar os pilotos e astrónomos expressarem nos seus registos a dificuldade em medir a altura dos astros no mar.

Mestre João acompanhou a armada de Pedro Alvares Cabral, em 1500, com instruções para testar diversos instrumentos náuticos. Na carta que escreveu ao Rei D. Manuel, apresentou da seguinte forma as dificuldades na determinação da latitude a bordo dos navios:

Quando, Senhor, ao outro ponto, saberá Vossa Alteza que, acerca das estrelas, eu tenho trabalhado o que tenho podido, mas não muito, por causa de uma perna que tenho muito mal, que de uma coçadura se me fez uma chaga maior que a palma da mão; e também por causa deste navio ser muito pequeno e estar muito carregado, que não há lugar para coisa nenhuma. Somente mando a Vossa Alteza como estão situadas as estrelas do [Sul], mas em que grau está cada um não o pude saber, antes me parece impossível³³, no mar, tomar-se altura de nenhuma estrela, porque eu trabalhei muito nisso e, por pouco que o navio balance, se erram quatro ou cinco graus, de modo que se não pode fazer, senão em terra[...] ³⁴

A pesagem do sol era a designação dada à determinação da altura do astro através do instrumento e destinava-se ao cálculo da latitude do lugar. O método de obtenção da latitude do

³²Barros, *Decada primeira da Asia de João de Barros. Dos feitos que os portugueses fizeram no descobrimento e conquista dos mares e terras do Oriente*. fol. 64.

³³Mestre João refere a dificuldade em obter no mar alturas rigorosas de estrelas.

³⁴Costa, *A Marinharia dos Descobrimentos*, p. 120-21. Transcrito a partir da carta do mestre João em linguagem actual por Luciano Pereira da Silva.

lugar por observação da altura do astro exigia uma observação no momento em que o meridiano do astro fosse coincidente com o meridiano do lugar. O momento da passagem meridiana era determinado pela ampulheta ou pela altura máxima no seu arco diurno. O segundo critério, utilizado correntemente na náutica, mereceu o seguinte comentário de Pedro Nunes:

[...] e não se pode isto alcançar no mar: verificando quando he meyo dia pela mayor altura porq per ella não se sabe quando he: e a experiencia nos amostra que esta ho sol tempo notauel em que nos estrolabios que todos sam pequenos: não sentimos deferença na altura: e pelo orizonte sentimolo craramente andar.³⁵

Ele considerava que a variação na altura do astro quando o mesmo se encontra próximo da sua altura máxima era reduzida, por isso, não seria possível de determinar com os astrolábios correntes na época. O procedimento de pesagem do Sol utilizando o astrolábio encontra-se descrita nos *Libros del Saber de Astronomia*, nos capítulos sobre o astrolábio plano.³⁶ Mais um sinal da constante transferência de técnicas e procedimentos da astronomia para a náutica.

Quando lo quisieres saber. cuelga all astrolábio de la tu mano diestra. et sean las espaldas dell astrolábio contra ti. et enderésçate contral sol. en guissa que sea el sol en drecho del tu ombro siniestro, et mueue ell alhidada con la tu mano siniestra fata que entren los rayos del sol del forado de la una axataba que está de suso. et pque passen all otro forado dell otra axataba que está de yuso. et catarás all un cabo agudo et drecho dell alhidada sobre cuántos grados es de los que son escriptos en el quarto de la altura. et tanto será la altura del sol en aquella ora de qual cabo fuer él tambien en la parte de oriente cuemo de occidente.³⁷

Pedro Nunes no *De arte atque ratione navigandi* expõe a sua opinião sobre o astrolábio, justificando com os seus defeitos a sua proposta do anel náutico. Os astrolábios suspensos, usados pelos mareantes, para terem no «mar um horizonte firme e estável»³⁸, devido à sua

³⁵Nunes, *Obras. Tratado da Sphera. Astronomici Introductorii de Spaera Epitome*, p. 144.

³⁶Rico y Sinobas, *Libros del saber de astronomia del Rey D. Alfonso X de Castilla*, p. 267. No capítulo XIII do segundo livro do astrolábio plano, traduzido pelo astrónomo Azerviel, aparecem descritas instruções para medir a altura do Sol.

³⁷Ibid., p. 267.

³⁸Nunes, *Obras. De arte atque ratione navigandi*, p. 356.

construção incorrecta e deficiente distribuição de massa, apresentariam um desvio da vertical que condicionava o rigor das observações.

Balestilha

A Balestilha era um instrumento constituído por uma soalha, que corria no virote graduado. Era um instrumento bastante simples que permitia obter a altura entre o astro e o horizonte ou a diferença angular entre dois astros. A medição era feita visando o astro pelo topo da soalha e o horizonte pela base. A graduação do virote indicava ao observador o arco ou ângulo vertical, correspondente à altura do astro.

A primeira referência à Balestilha em tratados portugueses encontra-se no *Livro de marinharia de João de Lisboa*, de 1514³⁹. A referência do instrumento nesse texto náutico é indício de que a utilização da balestilha em Portugal seria anterior a essa data.

Regimêto pera tomar ho sol pella balhestilha It. quãdo tomares ho soll pela balhestilha faras tua conta / asy como no estrelabio - f - tirando altura da decrinaçã ou a decrinaçã daltura / asy como a fazes no estrelabio e teres tal aviso / que o tomes por cirna por que he melhor pera te nã seguar / E quãdo ho tomares por cima tiraras - 15 - minutos e tomãdo ho no meio nã lhe acreçentaras nẽ tiraras nhũa cousa.

D. João de Castro refere que a Balestilha seria o instrumento indicado para a observação das estrelas (Estrela Polar e o Cruzeiro do Sul), não apresenta a Balestilha como instrumento adequado à observação do sol. Esta opinião também pode ser encontrada no *Regimento do cosmógrafo-mor* de 1592. No programa que devia ser ensinado pelo cosmógrafo, vem referido o ensino de «Declararselhesha a fabrica e uso da carta de marear, exercitandoos a tomar o sol e como ham de usar do Regimento e fazer certa a sua conta da declinação pera saberem ao meo dia a altura que tem» e ainda, «Declararlhesha o uso da balestilha e quadrante pera de noite tomarem a altura da estrella, e como devem fazer sua conta e saberem a altura do Polo

³⁹Albuquerque, «O «Tratado da Agulha de Marear» de João de Lisboa; Reconstituição do seu texto, seguida de uma versão Francesa com anotações», p. 130. Luís de Albuquerque dedica-se ao estudo do tratado e deixa claro que o texto é uma compilação de várias origens de diferentes datas de quinhentos.

que tem, pera com mais certeza fazerem suas operações.»⁴⁰. Estas duas fontes apresentam-nos indícios de que na época a «balestilha» e «quadrante» seriam utilizados para observar estrelas à noite. Porém, existem referências a utilização da balestilha para observação do sol utilizando a balestilha de revés. Francisco Xavier do Rego apresenta uma descrição deste procedimento no seu *Tratado Completo de Navegação*, que terá tido a sua primeira edição em 1755⁴¹. A atenção que os autores dedicaram ao instrumento é um forte indício da sua utilização no século XVIII para observação do sol.

[...] e sempre acontecerão estas dúvidas quando quer que nos achemos debaixo do sol ou quase, porque por razão de o termos perpendicular nos faz muitas mostras e aparências que causam engano nos que em tal tempo querem saber a elevação do Sol por o seu meio, pelo que em tais tempos se não deve usar do astrolábio, mas aproveitar-nos da Balestilha e estrela do norte; e se acaso for que venhamos estar debaixo do Sol da banda do sul da linha, então podemos obrar com a Balestilha pelo cruzeiro[...]⁴²

As referências à Balestilha aparecem nos tratados de navegação do século XVIII, como comprova a sua referência na *Arte de Navegar* de Manuel Pimentel de 1746.

Pedro Nunes refere-se à balestilha na obra *De arte atque ratione Navigandi*⁴³ indicando que «os mareantes servem-se da balestilha para medir a altura da estrela polar acima do horizonte. Mas é sobremaneira difícil encontrar, por este processo, a altura exacta. Todavia, a balestilha é um instrumento muitíssimo apropriado para determinar a distância entre dois astros, quando a distância entre eles for menor que um quadrante de círculo máximo.»⁴⁴. A construção da balestilha seria de acordo com o método proposto por João de Monterregio, a graduação do virote era feita através de escalas lineares. Os valores observados nas escalas lineares seriam posteriormente convertidas em valores angulares, do sistema decimal para o sistema sexagésimal, pelas tabelas de Jorge Purbáquio presentes na obra *Quadratum geometricum*, publicado

⁴⁰Mota, «Os Regimentos do cosmógrafo-mor de 1559 e 1592 e as origens do ensino náutico em Portugal», pp. 32-33.

⁴¹LUSODAT - Bases de dados sobre história da ciência, da medicina e da técnica em Portugal e Brasil, do Renascimento até 1900, (Acedido em Janeiro de 2012)

⁴²Castro, *Obras Completas*, p. 268. D. João de Castro recomenda a observação da estrela polar com o recurso à balestilha nos casos em que a nau navegasse em locais do globo em que o Sol tivesse a sua culminação próxima do zénite. Neste caso, o regimento do Sol seria de difícil de aplicar não sendo possível distinguir se o astro tinha declinação norte ou Sul pela direcção da sua sombra.

⁴³Nunes, *Obras. De arte atque ratione navigandi*, p. 360.

⁴⁴Ibid., p. 361.

em Nuremberga em 1516.

Pedro Nunes apresenta uma advertência que merece referência e que seria uma fonte de erros a ter em conta na determinação da altura dos astros muito próximos da terra, como o Sol e a Lua. «Deve advertir-se que, quando se tomam com instrumentos as distâncias zenitais de Marte, Júpiter e Saturno e das estrelas fixas, devido às imensas distâncias em relação à Terra (quando comparadas com o raio da Terra), esses ângulos são quase iguais para o observador, sejam tomados no centro ou na superfície do globo terrestre, uma vez que a diferença entre eles é insignificante. Todavia, com a Lua e o Sol as coisas passam-se diferentemente.» O autor refere-se à paralaxe que afecta as observações de astros para as quais a diferença entre a medição do ângulo na superfície da terra e ao centro não pode ser desprezada.

Até agora fizemos uma descrição dos instrumentos utilizados pelos pilotos, na mesma altura em que Pedro Nunes publicou as suas obras e propôs os seus instrumentos. Pretendeu-se com este capítulo fazer uma pequena súmula dos principais instrumentos, resumir a sua forma e utilização.

De seguida iremos dedicar-nos ao tema da dissertação, vamos procurar: descrever os instrumentos propostos pelo cosmógrafo, entender as motivações que levaram às propostas e quais eram os prós ou contras dos instrumentos. Sobre cada um dos instrumentos propostos por Pedro Nunes vamos procurar demonstrar situações em que as suas invenções foram adoptadas e disseminadas.

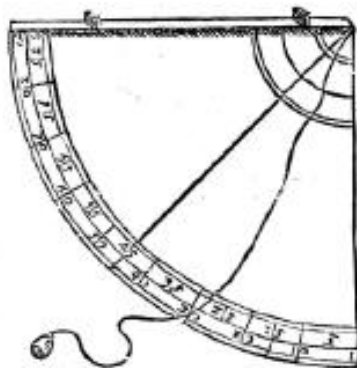


Figura 3.5: Representação de um quadrante náutico
(imagem retirada da *Instrucion Nauthica* do Diego García de Palacio de 1587)

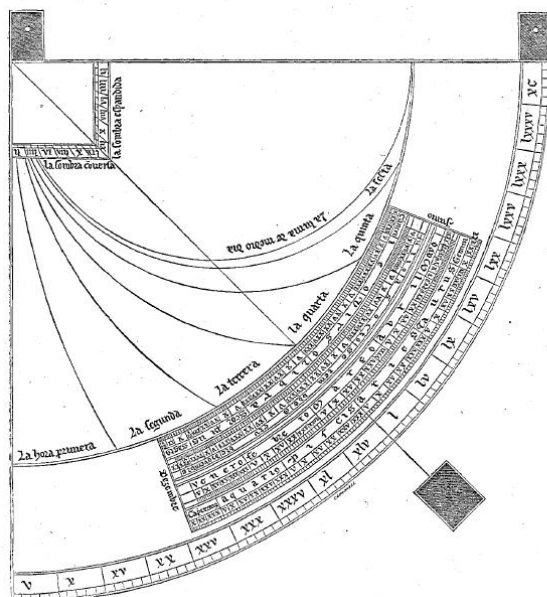


Figura 3.6: Ilustração de um quadrante
(retirada dos *Libros del saber*)

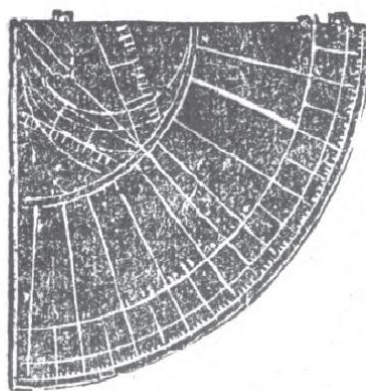


Figura 3.7: Imagem do quadrante náutico do século XVI

(imagem retirada do *Reportório dos Tempos* publicado por Valentim Fernandes em 1563)

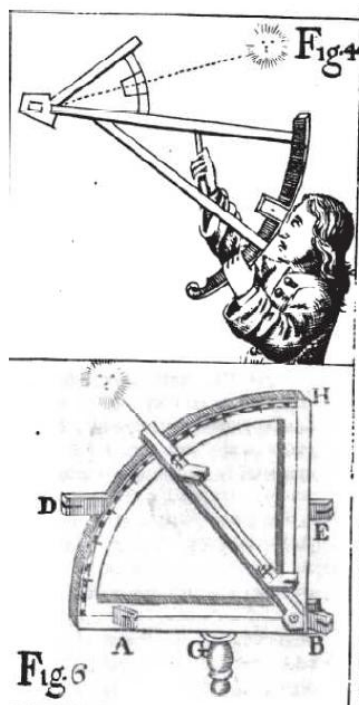


Figura 3.8: Representação do quadrante de Davis e do quadrante de um arco

(imagem retirada da *Arte de Navegar* de Manuel Pimentel de 1746)



Figura 3.9: Representação de um astrolábio

(Retirado do livro do astrolábios plano que se encontra nos *Libros del Saber de Astronomia*)

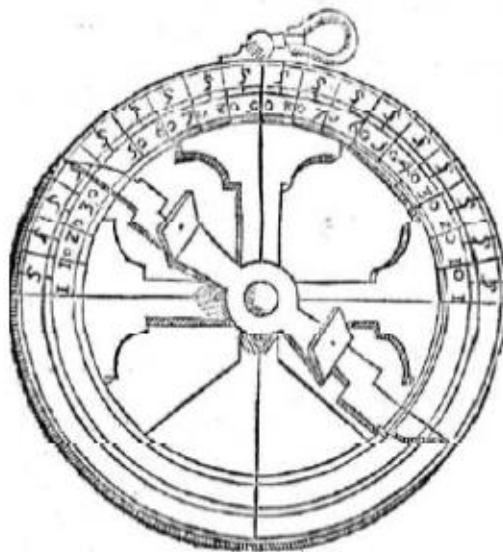


Figura 3.10: Representação de um astrolábio náutico

(imagem retirada da *Instrucion Nauthica* do Diego García de Palacio de 1587)



Figura 3.11: Representação da pesagem do Sol através do astrolábio náutico (imagem retirada do Regimiento de Navegacion de Pedro de Medina de 1545)

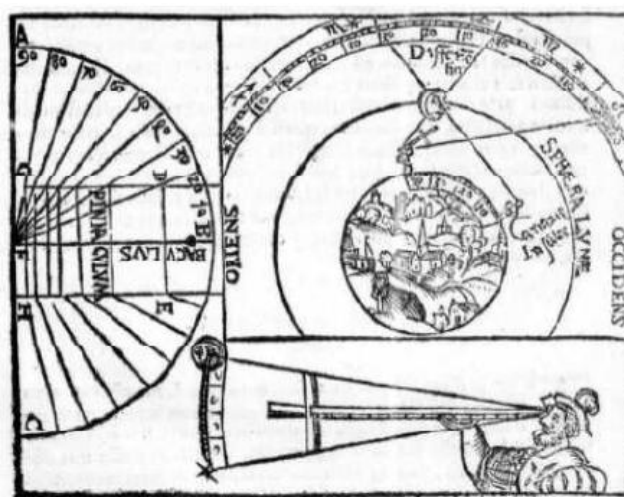


Figura 3.12: Representação da utilização da Balestilha ou Báculo (imagem retirada da Cosmographia de Pedro Apiano de 1575)

Parte II

Instrumentos náuticos de Pedro Nunes

Capítulo 1

Lâmina de Sombras

Em 1537, Pedro Nunes publica o seu *Tratado [...] em defensam da carta de marear [...]*. O tratado é dedicado ao Infante D. Luís e encontra-se pejado de críticas aos «mareantes». Como o próprio cosmógrafo indica, o «meu intento nesta pequena obra: he desculpar a carta das culpas e erros: de que todos geralmente a acusam: e nam as ygnorancias: enganos: perfias: e contumancias dos mareantes[...]»¹. No tratado é apresentado um conteúdo alargado de temas náuticos incluindo a navegação sobre a «loxodrómica»² e a «ortodrómica»³.

Pedro Nunes quando apresentou estas linhas não lhe atribuiu as designações pelas quais são actualmente conhecidas: segundo Fontoura da Costa, essa designação foi apresentada pela primeira vez⁴ por Willebrordi Snellius na obra *Tiphys Batavus*, publicada em 1624. Snellius cita Pedro Nunes demonstrando conhecimento do trabalho do matemático lusitano. Em 1537, Pedro Nunes identifica as linhas ortodrómicas como as linhas de «circulo mayor», a «via mais breue de todas»; e as linhas loxodrómicas como «hũa linha curua: e yrregular. Como parece nesta figura [figura presente na obra que ilustra as linhas curvas referidas pelo autor] que vay cercando ho globo da mar e da terra: ate chegar ao ponto que esta debaxo do polo: onde todos os rumos: meas partidas e quartas vam finalmente entrar»⁵. Em 1566, o cosmógrafo designa as

¹Nunes, *Obras. Tratado da Sphaera. Astronomici Introductorii de Spaera Epitome*, p. 127.

²O termo linha loxodrómica define a linha que une o conjunto de pontos percorridos por um navio que cruza os meridianos com ângulo ou rumo constante.

³A linha ortodrómia define a linha que une todos os pontos percorridos por um navio que navega sobre um arco de círculo máximo.

⁴Costa, *A Marinharia dos Descobrimentos*, p. 224.

⁵Nunes, *Obras. Tratado da Sphaera. Astronomici Introductorii de Spaera Epitome*, p. 128.

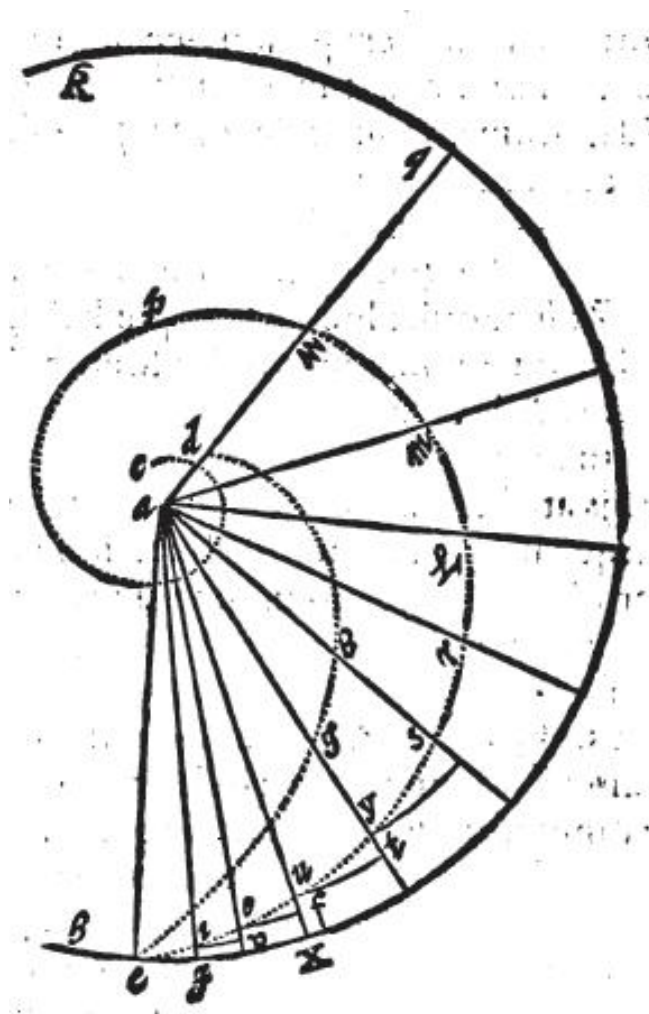


Figura 1.1: Representação da loxodrômica
(imagem recolhida do *Tiphys Batavus* de 1624)

linhas loxodrómicas por «linhas de rumo»⁶ facto que não passou indiferente a Snellius: «quod loxodromian mostram (Rumbum ille, voce sue gentis, appellat) lineam ver»⁷, a designação de círculo máximo, para referir a ortodrómia, mantém-se em 1566.

O Tratado [...] em defensam da carta de marear [...], além da referência ao problema de navegação sobre a loxodrômica, faz uma descrição crítica da utilização da carta quadrada e da proporção entre o grau de meridiano e o grau de paralelo em diferentes latitudes. Faz uma análise crítica da determinação da hora por observação do relógio solar. Crítica o método de determinação do «nordestear e noroestear» das agulhas pelo «bornear» e introduz um método

⁶Snellius conhecia o trabalho de Pedro Nunes, referece a ele e ao seu trabalho: «[...]libro secundo de Regulis & Instrumentis eadem multo susius descripsit, & harum linearum proprietates accuratius est persecutus.» A referência a Pedro Nunes e à loxodrômica aparece no início da obra quando o autor se dirige ao *Benevolo Lectori*.

⁷Snellii, *Tiphys Batavus, sive histiodromice, De navium cursibus, et re navali*.

de determinação da variação da agulha por observação da variação da sombra do sol. Apresenta um regimento da «altura do polo ao meio-dia» e apresenta dois métodos para determinação da «altura do polo» por alturas extrameridianas do sol.

No âmbito dos seus métodos de determinação da «altura do polo», propõe um instrumento que se destinava à observação da variação do azimute do sol. O instrumento podia ser aplicado na determinação da «variação da agulha» e na determinação da «altura do polo em todo o tempo em que houver sol». A sua regra foi demonstrada, como o próprio indica, «no anno de .1533. em euora: dey a el-Rey nosso senhor o regimento escripto em hũa folha de papel: e perante sua alteza tomey a altura do polo da dita cidade ja tarde: pouco tẽpo antes do sol posto: e achey q̃ era .38. graos e quasi hũ terço.»⁸

A lâmina das sombras⁹, assim designada pelo cosmógrafo, encontra-se descrita da seguinte forma:

Pera as quaes cousas teremos hũa lamina circular de algũa materia solida & de conforme grossura q com ho tempo nã faça mudança: e sera boa de latão como sam as do estrelabio assi planas: mas mais grossas graduaremos ho circulo em .360. partes & lançarlheemos seus diametros q ho repartão em quartas: e no centro poremos hũ estilo perpêdicular sobre a mesma lamina pera nos amostrar pera q parte vão as sombras: e em qualquer dos semidiametros em igual distância do centro e da circũferencia: faremos sobre hũ pōto hũ pequeno circulo que se cauara quanto baste: pera q embaixo em outro centro q responde ao de cima: sobre q se faz o pequeno circulo q se cauou possa andar liuremente hũa agulha como a dos relogios acostumados e pela mesma arte sera feito este pequeno circulo e acabado com seu espelho encima: mas a agulha sera mais comprida e mais sotil e per baixo della jra a linha q̃ responde ao diametro do circulo grãde que se graduou: per modo que delle não discrepe cousa algũa: e porque nos ha de ser necessario enderençar esta agulha sobre a dita linha justamente: pera mais justificaçam poremos dous pōtos preto nas paredes desta caixa da agulha em dereito do seu diametro pera que tendo endereçada a agulha a estes pōtos saibamos de certo que esta dereita com os diametros do circulo pequeno e do grãde q ambos vã per dereito. Nas costas desta lamina defrôte do centro encastoaremos hum pião grande e pesado laurado a torno: pera que metendo a dita lamina nas balças e caxa da agulha acostumada: fique sojugada por causa do peso e nã saya do ouliuel: e as balças serem torneadas e de eyxos dobrados e muy liures: e se sem

⁸Nunes, *Obras. Tratado da Sphera. Astronomici Introductorii de Spaera Epitome*, p. 160.

⁹Ibid., p. 171.

embargo de ho assi fazermos: acharmos que a lamina não fica a ouliuel acrecentarlheemos pella parte de dentro algum peso onde comprir pera que finalmente nos fique perfeitamête ouliuelada: porque nam sendo assi não nos serue.¹⁰

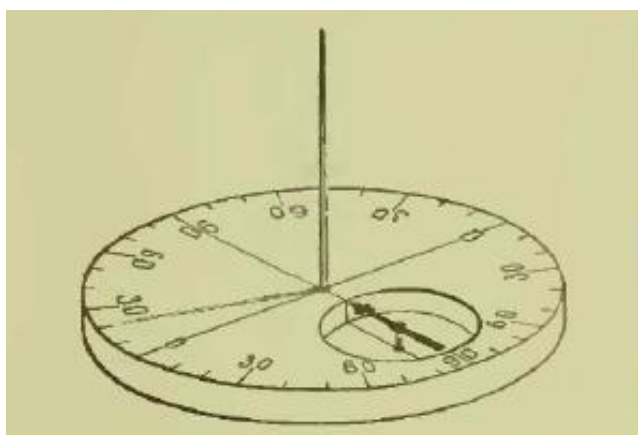


Figura 1.2: Representação da lâmina das sombras por Luciano Pereira da Silva

Como indicado atrás, o instrumento tinha dois objectivos. Falemos um pouco do primeiro: determinar o «nordestear e noroestear» das agulhas. Pedro Nunes estava convicto de que as agulhas não apontavam para o «polo», como ele próprio o indica - «tenho por certo que ellas não demandam ho polo: porque nam vi agulha que nesta terra não nordesteasse». Duvidava das observações dos pilotos e dos valores que os mesmos apresentavam - «na quantidade do nordestear posto que os pilotos ho afirmão muito não lhes dou credito: porque hũs dizem que nordestea muito: e outros que pouco: em hũs mesmos lugares.»¹¹ Os homens do mar «não podem saber a verdade disto: pela arte que dizem: que pera isto tem: a qual he bornearem com a vista a agulha com a estrela: porque alem da estrela andar ho mais do tempo fora do meridiano: no bornear cabe muito engano: e não se pode isto verificar bem per estrela se não pelo sol.»¹² O método de «bornear a estrela», indicado por João de Lisboa, é explicado por Luciano Pereira da Silva: consistia em visar a estrela polar na passagem meridiana pelos furos existentes na caixa da agulha, observando a indicação da «flor de liz» e o desvio que faz em relação à linha norte-sul.¹³ Exemplificando em relação à estrela Polar: o processo de bornear a estrela baseava-se em observar a estrela polar quando ela estivesse na passagem meridiana,

¹⁰Nunes, *Obras. Tratado da Sphera. Astronomici Introductorii de Spaera Epitome*, p. 165.

¹¹Ibid., p. 143.

¹²Ibid., p. 143.

¹³Silva, «A arte de navegar dos Portugueses, desde o Infante a D. João de Castro», pp. 359-60.

indicando o pólo norte. Posto isto, não havendo variação da agulha, se o navegador observasse a estrela nesse momento com a linha norte-sul da agulha, orientada com os furos da caixa, os ferros magnetizados apresentar-se-iam coincidentes com a linha de orientação. Caso contrário, se a agulha apresentasse variação, os ferros magnetizados não estariam coincidentes com a direcção da polar. A variação seria a diferença verificada.

Após criticar o bornear usado pelos pilotos, Pedro Nunes avança com a sua proposta de metodologia para determinar o «nordestear e noroestear» através do Sol.

Poderião os pilotos leuar hum circulo de pao ou metal: com hum estilo perpendicular no centro: e a roda do circulo graduado como astrolabio: e sobre hum ponto do diametro fora do centro: em que esta ho estilo se fara hum circulo pouco mayor que ha rosa da agulha: o qual se cauara pera nelle se meter e andar liure como conuem: **e pendurarsea este estromento: per cordeys ou per outra arte: que se pode dar: pera ficar ao liuel**¹⁴. E querendo saber no mar quanto a agulha nordestea: tomaremos ho sol no astrolabio: e veremos logo no mesmo tempo per quantos graos se aparta a sombra do estilo pela roda do estromento do diametro: tendo nelle ho ferro da agulha justo: e teremos isto em lèbrança: e o astrolabio guardaremos assi: sem tirar ho mediclinio donde esta: ate que despoys do meyo dia nos torne ho sol a entrar pelos buracos: q he a mesma altura do sol puntualmente: e por isso guardaremos assi ho astrolabio: porq̃ soo meo grao daltura faz muita deferença no correr da sombra pela roda do estromento em algũas oras do dia: e veremos então per quantos graos se aparta a sombra do estilo do diametro: porque se as distancias forem iguaes: saberemos q a agulha vay justa ao polo: e se forem desiguais: nordesteara ou noresteara pela metade da deferença das duas distancias[...]¹⁵

O método de determinação da «variação da agulha» consistia em observar a sombra do estilete antes e depois da passagem meridiana do Sol. Antes da passagem meridiana, o observador marcava a posição da sombra no instrumento e observava a altura do astro através do astrolábio, mantendo a mediclina fixa até à segunda observação após a passagem meridiana. Quando o sol voltasse a apresentar a mesma altura, o observador voltava a marcar a posição

¹⁴É particularmente interessante a sugestão de pendurar a agulha através de cordéis, garantindo dessa forma o nivelamento do instrumento. Embora não exista descrição da forma de pendurar a agulha, devia ser pendurada no anel vertical que estava fixo nos pontos cardeais oeste e leste. Para mais informação sobre o anel consultar - Costa, *A Marinharia Dos Descobrimentos*, p. 169

¹⁵Nunes, *Obras. Tratado da Sphera. Astronomici Introdvctorii de Spaera Epitome*, p. 143.

da sombra no instrumento. O autor manda que o observador veja a diferença entre a direcção da sombra e a linha norte-sul na observação anterior à passagem meridiana. No momento em que o Sol apresentar a mesma altura, depois da passagem meridiana, determinar novamente a diferença entre a sombra e a linha norte-sul, o desvio era achado «pela metade da deferença das duas distancias». Pedro Nunes continua o texto com um exemplo - «Conuem a saber se antes do meyo dia auia doze grãos: e depoyz vinte a diferença de oyto: e ho meyo quatro estes grãos sam os que nordestea ou norestea: porque ho meyo dia foy nos dezaseys»¹⁶. Neste caso o meio-dia tinha sido em metade da soma das duas diferenças para a linha norte-sul que era de dezasseis graus.

Luís de Albuquerque explica a utilização do instrumento de sombras de Pedro Nunes no volume IV dos seus *Estudos de História*. Porém, o texto apresenta uma informação incorrecta que achamos pertinente retificar em nome do rigor e para auxiliar os leitores que sintam necessidade de o citar sem confirmar a informação aí contida. A certa altura, é referido no texto - «A maneira de se utilizar este dispositivo na prática das observações magnéticas só vem referida no Tratado de certas dúvidas». O autor terá cometido o lapso de indicar o *Tratado de certas dúvidas*, o tratado que corresponde à sua afirmação é o: *Tratado em defensam da carta de marear*.

Na transição do século XV para XVI, as expedições oceânicas traziam ao conhecimento dos pilotos a variação da declinação magnética, designada «nordestear» e «noroestear». Aquando da publicação do Tratado de Pedro Nunes, os pilotos já tinham mais de três décadas de viagens para o Índico. Conheciam a variação da agulha e utilizavam-na como conhecença no mar. Os roteiros fazem-lhe referência, por exemplo, na navegação nas proximidades dos baixos da «Judia».

Não de podendo ir ver a ilha de São Lourenço por não dar o vento lugar, ter-se-á muita conta com a agulha, que ela mostrará o caminho, porque noresteando 12 graus, que é mais de uma quarta, se vai a leste do Baixo da Judia 20 léguas, pouco mais ou menos, pela qual paragem se não vêem pássaros senão indo 10 ou 20 léguas, por onde se vêem algumas garraginas e algum alcatraz; e noresteando a agulha menos de uma quarta, como 9, 10 graus, vai[-se] do Baixo da Judia para oeste outras 20 léguas, quase, e por esta banda se verão muitos pássaros e uns alcatrazes pardaços com uma malha branca sobre o rabo.¹⁷

¹⁶Nunes, *Obras. Tratado da Sphaera. Astronomici Introductorii de Spaera Epitome*, p. 143.

¹⁷Leitão, *Dois roteiros do século XVI, de Manuel Monteiro e Gaspar Ferreira Reimão atribuídos a João*

No exemplo anterior, podemos verificar a importância da variação da agulha, o piloto nas imediações do baixo da Judia devia determinar a declinação magnética e com esse valor sabia a posição longitudinal aproximada do navio, e se a distância aos baixios era segura ou não.

O conhecimento deste fenómeno foi importante no desenvolvimento da navegação. As cartas náuticas na época baseavam-se na representação gráfica das terras através de grelhas de azimutes magnéticos e das distâncias estimadas. Os homens do mar tinham conseguido adaptar-se e evoluir, passaram a navegar baseando-se na determinação da latitude por métodos astronómicos. A longitude, por seu lado, continuava a ser impossível de determinar com a tecnologia disponível.

Quando os pilotos se começaram a aperceber que existia um fenómeno que afectava a orientação das agulhas, notaram que o desvio não era constante em todos os meridianos: apresentava uma variação longitudinal. Essa constatação levou-os a tentar tirar benefício desse fenómeno, associando a variação da agulha à longitude. É importante referir que em nenhuma passagem do tratado, Pedro Nunes considera a lâmina das sombras para a determinação da longitude.

A primeira referência textual à variação das agulhas aparece no diário da primeira viagem de Cristovão Colombo em 1492.

Jueves, 13 de Setiembre.

Aquel dia con su noche, yendo á su via, que era al Oueste, anduvieron treinta y tres léguas, y contaba tres ó cuatro menos. Las corrientes le eran contrarias. En este dia, al comienzo de la noche, las agujas noruesteaban, y à la mañana noruesteaban algun tanto.

Lunes, 17 de Setiembre.

Navegó á su camino el Oueste, y andarian en dia y noche cincuenta léguas y mas: no asentó sino cuarenta y siete; ayudabales la corriente; vieron mucha yerba de hacia Poniente; juzgaban estar cerca de tierra; tomaron los pilotos el Norte marcándolo, y hallaron que las agujas noruesteaban una gran cuarta, y temian los marineros, y estaban penados y no decian de qué. Conociólo el Almirante, mando que tornasen á marcar el Norte en amaneciendo, y hallaron que estaban buenas las agujas; la causa fue porque la estrella que parece hace movimiento y no las agujas[...].

Domingo, 30 de Setiembre.

Navegó su caminho al Oueste, anduvo entre dia y noche por las calmas catorce leguas, contó once; vinieron al navio cuatro rabos de junco, que es gran señal de tierra, porque

tantas aves de una naturaleza juntas es señal que no andan desmandadas ni perdidas: viéronse cuatro alcatrazes en dos veces, yerba mucha. Nota: Que las estrellas que se llaman las guardias, quando anochece, estan junto al brazo de laparte del Poniente, y quando amanece estan en la línea debajo del brazo al ordeste, que parece que en toda la noche no andan salvo tres líneas, que son nueve horas, y esto cada noche: esto dice aqui el Almirante. Tambien en anocheciendo las agujas noruestean una cuarta, y en amaneciendo estan com la estrella justo; por lo cual parece que la estrella hace movimiento como las otras estrellas, y las agujas piden siempre la verdad.¹⁸

A descrição apresentada no diário destaca-se pelo seguinte facto: existe uma referência à variação das agulhas, no entanto, os pilotos não a entenderam. Chegam mesmo a concluir que as agulhas é que estariam certas «y las agujas piden siempre la verdad.».

A não existência de referências textuais anteriores aos diários de Cristovão Colombo não significa que o fenómeno não fosse conhecido. Não nos podemos esquecer que os pilotos não eram pessoas de grande literacia e é muito reduzido o número de textos produzidos por eles. Pela análise do texto e as dúvidas que surgem sobre o fenómeno, conclui-se que a utilização do vocábulo «Noroestear», por si só, é um forte indicativo de que o conceito já circularia entre os pilotos. Eles observavam o fenómeno mas desconheciam causa do comportamento das agulhas.

Vamos falar um pouco de alguns autores que imaginaram instrumentos semelhantes ao proposto por Pedro Nunes em datas próximas, tentando perceber qual foi a novidade apresentada por este instrumento em comparação com outros.

No século XVI, não existia conhecimento sobre a variação temporal na orientação do campo magnético terrestre, que provocava alterações locais na declinação magnética. Alguns construtores das agulhas compensavam a declinação magnética no local de construção da agulha, a notícia deste facto aparece no *Livro de Marinharia de João de Lisboa*. No tratado aparece referência aos erros relacionados com a construção das agulhas para utilização numa determinada zona:

Primeiramente has de saber que as agulhas todas asy genoezes como françesas nordesteã / e nordesteam [noroesteam] segundo os llugares homde estã porque se ffoer do meridiano vero pera ho oriente fazẽ conheçimẽto pera ho nordeste tanto quanto vos delle afastaes segundo do meridiano pera o oçidente fazẽ conheçimento pera o noroeste e isto

¹⁸Fernandez de Navarrete, *Relaciones, Cartas y Otros Documentos, Concernientes a los cuatro viages que hizo El Almirante D.Cristobal Colon para el Descubrimiento de las Indias Occidentales*, pp. 8-15.

se desnoroestear e nordestear / e porẽ as de saber que hũas ffazẽ mais afastamento que outras por serẽ feitas hũas oriẽtaes e outras aostraes oçidentaes / e por que os antigos nã sêtiram esta variaçã amdavã mudamdo os ferros dagulha fora da froll de llis pera que naqueles meridianos homde as çevavão ffossem fixas no pollo do mũdo / e por estas rezã achamos todas as outras fallsas por hũa - 4^a - e por duas / e pera se isto aver dẽmẽdar hera neçesareo navegar pela verdade aimda que na costa ãquanto nã for ãmẽdada, nã naveguares se não pelo costumado por que como fallso se ha de navegar o fallso / e como verdadeiro o verdadeiro.¹⁹

Os navegadores, ao efectuarem navegações no sentido longitudinal do Atlântico, cruzando-o com destino às Américas e no regresso do oceano Índico, aperceberam-se que existia uma variação na agulha. A variação não era constante, aumentava ou diminuía a partir do meridiano verdadeiro, considerado por muitos cosmógrafos o meridiano que passava nos Açores. No *Livro de Marinharia de João de Lisboa* aparece referência à variação longitudinal da declinação magnética. Indica-nos como o piloto podia estimar quanto estaria afastado do meridiano «vero», ou seja, a sua longitude, pela variação da agulha.

Aquy começa a ffallar quamto soes afastado do meridiano de vero (sic) pelo varear das agulhas [...]se quiseres saber quamto hes arredado do meridiano vero dos polos ffixos - 1 - de - 30 - graos atee os - 45 - graos / damtre ambollos pollos / saberas que ã qualquer - 4^a - que vay fora do meridiano relleua por - 4^a - 250 - llegeas / E asy vay ã todallas quatro - 4as - que nã he mais largua, nem mais baixa pera lleste nẽ pera lloeste / que as ditas - 250 - llegeas em cada - 4^a - e isto deno (desno) meridiano atee chegar as quatro - 4as - pera a parte de leste / se pera a parte de lloeste / porque como chegua as quatro - 4as - llogo torna a buscar o seu meredeano de graao ã graao e asy no modo e maneira como sobio a este pollo mouivell - 2 000 - llegeas / Deste meridiano atee ho outro ha - 4 000 - llegeas por esta altura dos - 30 - graos atee os - 45 - graos de norte e sull e tãbẽ per outra parte pela mesma guisa se teveres duuida toma hũa agulha ã cima da espera e poras a agulha ã cima do pollo da espera que digua polo cõ polo - 1 - o norte da agulha cõ o polo da espera e amda cõ agulha ã cima da espera e hamdamdo tudo jũtamẽte / ally verás a feferemça de quantas - 4as - quiserdes e as quatro - 4as - he o mais allto / e dahy llogo vay buscar o seu meridiano e desfaz ho que sobio e a rezã he esta / asy como dese asy sobe como na espera de manifesta.

¹⁹Lisboa, *Livro de Marinharia. Tratado da agulha de marear de João de Lisboa. Roteiros, sondas e outros conhecimentos relativos à navegação*, p. 20.

João de Lisboa indica que cada «quarta», ou seja, um ângulo de $11,25^\circ$, na variação da agulha, corresponderia a 250 léguas de afastamento do meridiano de referência e no máximo a variação chegaria a quatro quartas. Da afirmação depreende-se que considerava a «variação da agulha» com um gradiente constante a partir do meridiano verdadeiro.

Alonso de Santa Cruz foi cosmógrafo da *Casa de la Contratacion de Sevilla*, visitou Lisboa em 1545²⁰ com o intuito de fazer um levantamento dos valores de variação da agulha nas Índias Orientais, através dos pilotos e dos seus roteiros. No seu *Libro de las longitudes* apresenta Filipe Guillen como o inventor do método de determinação da longitude pela variação da agulha²¹. A obra de Alonso de Santa Cruz descreve o instrumento inventado por Guillen da seguinte forma:

[...] el qual es una tabla redonda llana de un xeme de diámetro echadas por ella quatro lineas en cruz y puesto en medio un perpendicular de metal y graduada la tabla a la redonda con 360 grados y comenzaba la cuenta de los 180 de la linea meridiana que estaba en la dicha tabla hacia un lado y los otros 180 de la dicha linea a la otra parte de la circunferencia de la tabla y en la dicha linea puesta una agujica pequeña como de relojes de sol meridianos de los que traen de Alemania, y a esta tabla estaban asidos tres hilos en iguales distancia de manera de una balanza de peso para que estuviese igual a la superficie de la terra.

No *Libro de las longitudes*, apresenta a informação de que «de palabra me dixo [D. João de Castro] que en todos los viajes que habia hecho, siempre habia llevado el instrumento de Filipe Guillen y que habia tenido especial cuidado de saber por él las diferencias que el aguja hacia a la parte de Oriente y esto en tierra porque en la mar nunca se habia podido aprovechar del dicho instrumento y asi lo certificó al Infante D. Luis estando yo presente por los balances de las naos»²². Esta informação é contradita pelo próprio D. João de Castro. No Roteiro de Lisboa a Goa, de 1538, indica «tenho comprehendido e alcancado com estormento de sombras inuentado pello doctor Pero nunez, famoso mathematico entre os que vivem em nossos tempos, e feito por maos de Johao goncalvez, cujo engenho triumpho o dia doze em toda a europa»²³ Luciano Pereira da Silva²⁴ e Luís de Albuquerque²⁵ apresentam estudos onde expõem vários

²⁰Costa, *A Marinharia dos Descobrimentos*, p. 197.

²¹Santa Cruz, *Libro de las longitudes y manera que hasta agora se ha tenido en el arte de navegar, con sus demostraciones y ejemplos ...* p. 25.

²²Ibid., p. 31.

²³Castro, *Obras Completas*, p. 199.

²⁴Silva, «Pedro Nunes espoliado por Alonso de Santa Cruz», pp. 161-84.

²⁵Albuquerque, *O Guia Náutico de Munique e o Guia Náutico de Évora*, pp. 120-23.

argumentos que contestam a prioridade que é dada a Guillen por Alonso Santa Cruz, embora este assunto possa vir a retomar novo ímpeto com o aparecimento de alguma fonte que descreva o instrumento inventado pelo boticário castelhano.

Sobre qual seria a forma do instrumento e as regras de determinação da «altura leste a oeste» propostas por Filipe Guillen só podemos especular. Até ao presente temos conhecimento dele e das regras da sua utilização pelo testemunho de Alonso de Santa Cruz, o cosmógrafo castelhano tê-lo-á confundido com o instrumento de Nunes, utilizado por D. João de Castro.

Na abordagem à variação da agulha, Nunes destaca-se claramente de Guillen e Faleiro. Propõe um método de determinação da variação da agulha sem referir a determinação da longitude através desse método.

A lâmina das sombras tinha como objectivo fornecer os elementos para um método de determinação da latitude abordado por Pedro Nunes. Esse método apresentava-se como uma utilização totalmente nova, nunca referida por Guillen ou Faleiro. A ausência percebe-se pelo facto de os cosmógrafos espanhóis, ou de inspiração espanhola, estudarem intensamente a variação da agulha para a determinação da longitude. A determinação da longitude era um tema quente na época. Os monarcas pretendiam um método eficaz para determinar em que hemisfério se encontravam as ilhas Molucas. Alonso de Santa Cruz deslocou-se a Lisboa em 1545, procurando compilar uma lista dos valores de variação da agulha.

Luís de Albuquerque, no seu estudo *Sobre as prioridades de Pedro Nunes*, apresenta Francisco Faleiro como tendo tido a prioridade na determinação da «variação da agulha» pelo sol, e indica que a «lâmina das sombras de Pedro Nunes é simples variante aperfeiçoada do instrumento de Faleiro». Relativamente a esta opinião, discordamos que a lâmina das sombras seja uma versão melhorada do instrumento proposto por Faleiro. Parece-nos que o instrumento de Pedro Nunes foi pensado com um objectivo diferente e original. Apresenta uma forma e construção ajustadas ao objectivo para o qual foi pensado, diferindo do instrumento de Faleiro.

Será lógico concluir que Pedro Nunes e Francisco Faleiro tenham chegado a soluções parecidas, sem que cada um conhecesse a obra do outro. É justo referir que até ao momento não foi encontrada nenhuma fonte que dê indícios que os cosmógrafos tinham conhecimento da obra um do outro, e não se conhece nenhum texto em que exista disputa da prioridade sobre os instrumentos e métodos apresentados.

Luís de Albuquerque indica que poderá tratar-se de simples coincidência Francisco Faleiro e Pedro Nunes terem chegado a soluções idênticas para a determinação da declinação magnética

com uma proximidade temporal tão reduzida. Continua, afirmando que - «até onde sabemos, nem Faleiro se considerou espoliado por Pedro Nunes, nem este acusou aquele de lhe ter surripado a ideia.»²⁶.

O regimento publicado por Faleiro em 1535, no *Tratado del Sphera y del arte del marear: con el regimẽto de las alturas: cõ algũas reglas nueuamẽte escritas muy necessarias*, já se encontrava com a edição autorizada desde 18 de Agosto de 1532, e já revisto por Selaya, cosmógrafo da corte. Esta obra foi publicada primeiramente por Joaquim Bensaude, em 1915, no volume quarto da colecção *Histoire de la science nautique portugaise à l'époque des grands découverts*²⁷.



Figura 1.3: Instrumento de Francisco Faleiro (apresentado na sua *Arte de navegar* de 1535)

Francisco Faleiro e o irmão, Rui Faleiro, acompanharam Fernão de Magalhães quando o navegador se deslocou a Castela para oferecer os seus serviços ao Imperador Carlos V. Sobre este assunto, podemos verificar a informação indicada por Francisco Lopes de Castanheda através da sua *História do descobrimento e conquista das Índias pelos Portugueses*²⁸.

Cap. VI - De como Fernão de magalhães fez crer ao Emperador Carlos rey de Castela que as ilhas de Maluco erão de sua conquista e de como as foy descobrir. Rey mando el rey dom Manuel de Portugal se foy pera Castela hũ fernão de magalhães, de que fiz menção no

²⁶Albuquerque, «Pedro Nunes e os homens do mar do seu tempo», p. 145.

²⁷Faleiro, «Tratado da esfera y del arte del marear», pp. 9-sg.

²⁸Castanheda, *Ho sexto livro da História do descobrimento & conquista da India pelos portugueses*, pp. V-sg.

livro terceyro quando francisco de Sá e Bastião de sousa se perderão nos baixos de Padua que ficou no ilheo. Este por se vingar del rei dom Manuel / mostrándose agravado dele lhe fez hũa grã de treyção: que foy dizer ao Emperador Carlos quinto deste nome que era rey de Castella, que pola repartição da conquista que se começou de fazer entre el rey dõ João ho segundo de Portugal / e el rey dom fernando de Castela que não ouue effeyto: erão de seu descobrimento e conquista as ilhas de Bãda e as de Maluco, dando-lhes pera isso algũas rezões: que como nã ouue quem as contrariasse por parte del rey de Portugal, e erão em fauor de emperador, e peraseu proueito lhe parecerão bem e ho creio bem mais examinar a verdade do que lhe dizia fernão de magalhães / e assi a hum Ruy faleyro que tambem hia coele mais por fazer treyção a el rey de Portugal que por outra causa e faziasse grande astrologo / mas não sabia nada: e tudo o que fingia que sabia era por hũ spirito familiar que tinha segundo se depois soube. E estes dous fizerão crer ao Emperador que estas ilhas que digo erão do seu descobrimento e conquista / e se lhe oferecerão a ilhas descobrir por fora da nauegação da India: e pera este descobrimento se concertou ho Emperador com certos mercadores que lhe armassem cinco naos em Seuilha/ de que deu a capitania môr a fernão de magalhães, e mādou coele a hũ astrologo chamado Andres de sam Martin, pera que por astrologia visse se podia alcãçar a saber a altura de leste a oeste de que se esperaua muyto dajudar pa ho direito deste descobrimento. E foy este astrologo com fernão de magalhães / porque ao tẽpo de sua partida se escusou Ruy faleyro dir co ele: porque parece que soube polo seu familiar quão mal auia de suceder aquela viagem aos que a fizerem / e deua fernão de magalhães hũ grande regimento de trinta capítulos, pera q̃ por tres maneyras podesse conhecer a distancia e deferença que andasse de leste a oeste: q̃ ele fazia ser cousa muy facil de saber porque sabendose se poderia saber certo se estas ilhas o Maluco e Bãda erão do descobrimento e conquista de Castela ou não. E coeste regimẽto se partio fernão de magalhães em Janeyro de mil e quinhẽtos e vinte por capitão môr da frota do Emperador[...]

Castanheda viveu na época da viagem de Fernão de Magalhães, e indica que Rui Faleiro passava por um astrólogo de grande sabedoria, embora fosse referenciado como um embuste. Segundo o cronista, o seu aparente conhecimento era resultado de influência familiar, certamente com origem no irmão - Francisco Faleiro. O texto apresenta uma informação muito importante: Rui Faleiro entregou um Regimento com três métodos para obter a altura leste a oeste. Partindo do pressuposto que Francisco Faleiro era a origem do conhecimento de Rui Faleiro, o regimento entregue a Magalhães, seria com certeza semelhante ao publicado em 1535

na *Arte de Navegar* de Francisco Faleiro. Para poderem ser aplicadas as regras do regimento era necessário obter o valor da declinação magnética: para tal os pilotos utilizariam o instrumento apresentado por Francisco Faleiro. Podemos especular, sem muito erro, que o instrumento publicado em 1535 teria uma origem anterior, pelo menos, ulterior à viagem de Fernão de Magalhães em 1520. Avelino Teixeira da Mota defendeu a ideia de que um manuscrito de Sevilha publicado por Navarrete, em 1793, no Tomo XXXII (1893) da *Revista General de Marina*, como sendo o regimento de Rui Faleiro. O texto encontra-se transcrito por Avelino Teixeira da Mota, na sua *Memória de fim de curso*, apresentada na Escola Naval em 1944.²⁹

No parágrafo 7, do manuscrito supracitado, existe uma referência à utilização da sombra do sol na agulha de marear.

Para hacer esto bien, has de hacer una Aguja grande é gradua la circunferencia que es alrededor en 360 grados, (ó mejor te diria en 12 partes, y cada parte en 30 grados) é teniendo ... et havendo tu la bussola ben posta aqui la Aguja cebada atravessar por a l'Articho... encima de la caixa un filo que esté Norte Sur quando ella estubiere sosegada, (é prendelo que no se salga) y deja el filo complido, é toma un quadrante grande e haz el filo que corte por los 45 grados, é quando vieres que es medio dia, porque el sol tenia entonces la mayor altura, toma la sombra al sol y el hilo que sobra del Alguja enderezarlo as en derecho de la sombra, y anda con el Aguja hasta tanto que el hilo de fuera, como el que está encima del Aguja esté en derecho de la sombra, é con la vista la puedes juzgar é con una regla [...]

Por aqui se entende que se determinava a declinação magnética por observação do comportamento da sombra do estilete sobre uma agulha magnética, no momento da culminação superior do astro. Partilhando a convicção de Avelino Teixeira da Mota, o instrumento referido no texto será o inventado por Francisco Faleiro.

O momento da passagem meridiana não era determinado de forma fácil, a este facto se refere Pedro Nunes - «e não se pode isto alcançar no mar: verificando quando he meyo dia pela mayor altura porq̃ per ella não se sabe quando he: e a experiencia nos amostra que esta ho sol tempo notauel em que nos astrolabios que todos sam pequenos: não sentimos deferença

²⁹Mota, *O Regimento de Altura de Leste Oeste de Rui Faleiro. Subsídios para o Estudo Náutico e Geográfico da Viagem de Fernão de Magalhães*, pp. 129-41. A transcrição de Teixeira da Mota foi o texto consultado e utilizado no âmbito deste trabalho.

na altura: e pelo horizonte sentimolo craramente andar.»³⁰ - daqui se depreende que, na opinião do cosmógrafo, o momento da passagem meridiana não se podia «alcançar no mar» porque os astrolábios então utilizados, devido à sua dimensão, não mostravam mudança perceptível na altura, embora o sol continuasse a descrever o seu movimento no horizonte.

Faleiro refere-se também aos problemas de determinação da passagem meridiana com instrumentos de altura: na sua opinião não seria possível determinar «el meridiano y nordestear de las agujas que por la mayor altura del sol tomada conel quadrãte : porque el sol a medio dia tiene tan poca altura mas dela que tiene vn poco ante y despues de medio dia qe dificultosamente se puede conocer precisamente el meridiano»³¹

Francisco Faleiro recomenda a utilização de relógios de areia, também estes altamente incertos. Contudo, Faleiro considerava-os precisos - «para esto cumple tener mucha vigilancia en conoscer pontualmente el medio dia: porque todo lo que se errare en conocello se errara en la cuenta deste instrumento. Y el medio dia conosceremos con relox de arena o de outra manera assi como universal [?]c. que sea muy preciso: [?] conel de arena contando conel as horas que ouiere en la noche: [?] sacandolas de veynte y quatro que a yen vn dia natural/ las que restarem será las que aura en todo el dia de sol a sol enla region en que estuuieren: y sabido las que ay enel dia començar se han a contar conel mismo relox en apuntando el sol: [?] contadas las medias o mitad sera medio dia.»³² - como podemos ver, este método obrigava ao conhecimento prévio «da quantidade de ampulhetas» que correspondia ao arco diurno, dividindo essa referência ao meio para encontrar o meio dia. O método recomendava que todas as observações fossem realizadas com o mesmo relógio, onde os erros seriam constantes. Porém, o autor não se refere às diferenças que se verificavam devido à mudança no valor da declinação solar, assim como devido à mudança na latitude do lugar³³.

O Tratado, no capítulo VIII. «De nordesterar de las agujas», descreve a construção do instrumento, a partir da qual Luciano Pereira da Silva³⁴ o reconstituiu conforme apresentado na (Figura 1.4).

Vejamos a descrição do instrumento de Faleiro:

³⁰Nunes, *Obras. Tratado da Sphera. Astronomici Introductorii de Spaera Epitome*, p. 144.

³¹Faleiro, «Tratado da esphera y del arte del marear», p. 94.

³²Ibid., p. 94.

³³Considerando as latitudes e as velocidades reduzidas que os navios praticavam esta segunda questão não provocava alterações sensíveis no comprimento do arco diurno.

³⁴Silva, «A arte de navegar dos Portugueses, desde o Infante a D. João de Castro», p. 362.

E para que sepamos lo que las agujas nordestean y noruestean conuiene hazer vn instrumento dela manera [?] forma dela figura que enel presente capitulo hallareys: que sea muy redondo [?] plano [?] tan grande que se pueda diuidir en 360. Grados : los quales se han de señalar con vna regla : de manera que siendo sacados desde el centro del / solamente sean señalados enla circunferência. y desde el punto en ã quisieredes ã el aguja señale el polo empeçareys a graduar de ambas partes / empeçando en vno y acabando enla linea que señalardes por equinocial en nouenta. y desde el otro polo hasta la equinocial podreys graduar otros tantos : aun que no es necessário : y despues de graduado señalar enel cêtro con compas vn circulo tan grande que abierto se pueda encaxar enel el aguja : de manera que este fixa enel instrumento : [?] hareys vn medio circulo de hierro o de azero / o de otra qualquiera cosa que sea muy redondo [?] plano y parejo / y que no tenga mas grossor que quanto haga sombra : y sea sacado con compas del tamaño dela media circunferência del instrumento : y tenga las puntas agudas : de mas delo que cupiere al tamaño del medio circulo / para que aquella demasia se hínque enel instrumento para que se tenga derecho : [?] la vna punta se ha de poner enel punto en que el aguja señalar el polo artico / y la otra enel en que señalar el antartico.³⁵

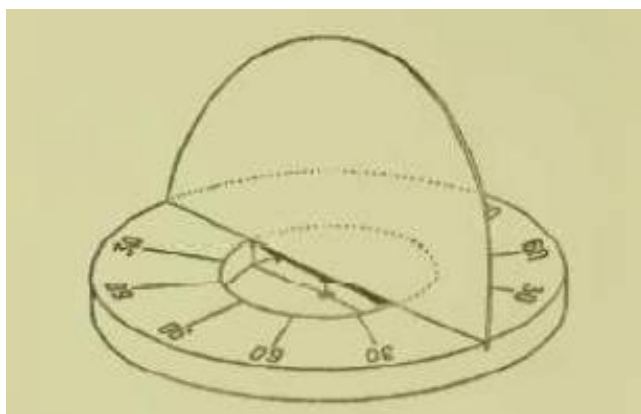


Figura 1.4: Reconstituição do instrumento de Francisco Faleiro por Luciano Pereira da Silva

O instrumento de Faleiro apresenta uma forma diferente da lâmina das sombras. Como é possível observar na reconstituição de Luciano Pereira da Silva, possui um semicírculo superior para o orientar, ao contrário do estilete instalado na lâmina das sombras. A agulha magnética ocupa uma posição central, diferente da posição excêntrica ocupada no instrumento de Pedro Nunes.

O instrumento de Faleiro era utilizado para determinar a declinação magnética no contexto

³⁵Faleiro, «Tratado da esphera y del arte del marear», pp. 89-90.

da determinação da longitude. O de Pedro Nunes, pelo contrário, destinava-se a ser utilizado num método de determinação da latitude, embora também ele permitisse a obtenção da declinação magnética.

No capítulo VIII da segunda parte do *Tratado del Sphera y del arte del Marear*, Faleiro apresenta quatro métodos de determinação da «variação da agulha». A exposição de Faleiro foi amplamente estudada e comentada por Luís de Albuquerque³⁶ e Luciano Pereira da Silva³⁷. Vamos utilizar os estudos de Luís de Albuquerque para explicar os quatro métodos propostos por Faleiro.

O primeiro método, era realizado ao meio-dia «de manera que el medio circulo haga la sombra derecha sin torcimiento alguno», ou seja, o observador no momento exacto do meio-dia deveria orientar o instrumento de forma que o semicírculo fizesse uma sombra coincidente com a linha norte-sul da agulha. A aplicação deste método obrigava ao conhecimento preciso do meio-dia «porque todo lo que se errare en conocello [meio-dia] / se errara en la cuenta deste instrumento», para saber o momento do meio-dia, Faleiro recomenda a utilização de «relox arena o de outra manera assi como universal, que sea muy preciso»³⁸. O meio-dia era determinado através dos relógios da seguinte forma - «conel de arena contando conel las horas que ouiere en la noche : [?] sacandolas de veynte y quatro que a yen vn dia natural / las que restarem será las que aura en todo el dia de sol a sol enla region en que estuuieren : y sabido las que ay enel dia començar se han a contar conel mismo relox en apuntando el sol : [?] contadas las medias o mitad sera medio dia.» - o observador saberia qual o momento do meio-dia pelo relógio de areia. Determinava previamente a quantidade de tempo que demorava a noite, tirava esse valor às 24 horas, correspondentes a um dia solar e o valor remanescente seria o número de horas do dia. Metade desse valor correspondia ao meio-dia.

Faleiro justifica da seguinte forma a determinação da passagem meridiana pelo relógio: «estas son mejores maneras de conocer el meridiano y nordestear de las agujas que por la mayor altura del sol tomada conel raterâte: porque el sol a medio dia tiene tan poça altura mas dela que tiene un poco ante y despues de medio dia que dificultosamente se puede conocer precisamente el meridiano». Após orientação do instrumento, o observador via qual a diferença que a

³⁶Albuquerque, «A Bússola e a declinação magnética», pp. 139-52.

³⁷Silva, «A arte de navegar dos Portugueses, desde o Infante a D. João de Castro», pp. 359-73.

³⁸Faleiro, «Tratado da esphera y del arte del marear», pp. 90-94. Estamos a seguir a edição publicada por Joaquim Bensúde.

agulha fazia com o meridiano verdadeiro do lugar, definido pela orientação do semicírculo. A diferença, quando existia, era o valor que a agulha «nordestea» ou «noruestea».

No segundo processo, o meridiano do lugar era conhecido «facilmente conel mismo instrumento tomando la sombra du sol vna ora o dos o três [?]c. ante de medio dia y señalar en que parte del instrumento cae : y outro tanto tpo despues de medio dia como se primero se tomo ante : tornar a tomar la sombra entiendese que este el sol en tanta altura despues de medio dia quanto estava ante quando se tomo la primera sombra y señalas las dos sombras / el medio dillas sera el meridiano p̃ciso» como podemos verificar no procedimento descrito. Não era necessário determinar a hora, a comparação das sombras era conseguida pelas iguais alturas do sol, ante e pós a passagem meridiana. Faleiro indica o valor deste processo caracterizando-o de «muy buena regla assi por ser verdadera : como porq̃ puede servir mas vezes al dia q̃ las otras : [?] no puede auer yerro enella si bien se guarda el orden della.».

Faleiro não refere a utilização de instrumentos para determinar a altura do astro. Podemos admitir que a utilização do astrolábio estaria subjacente à referência à altura do sol. Todavia, pensamos que este ponto deve ser tratado com algum cuidado e não podemos esquecer que Pedro de Medina e Rodrigo Zamorano, em textos posteriores, indicam métodos em que era dispensada a utilização de instrumentos de altura. Nesses métodos, observava-se a direcção da sombra de um estilete em dois momentos do dia, antes e após a passagem meridiana, em que os comprimentos das sombras eram iguais. Consequentemente com os mesmos valores da altura do Sol.³⁹

Luís de Albuquerque alerta para o facto de Faleiro não indicar a forma de colocar este segundo processo em prática⁴⁰. Contudo, apresenta-nos a sua explicação: o método seria utilizado através da orientação da direcção do semicírculo, por rotação do mesmo sobre o plano da agulha. É uma das hipóteses de utilização que não poderá ser provada por omissão na descrição do autor.

O terceiro método é considerado por Luís de Albuquerque como uma variação do segundo. Seria utilizado «poniendo enel centro del vn astil y señalar la sombra enel instrumento en saliendo [nascimento] el sol : y lo mismo en poniendose [ocaso] : y el medio delas dos sombras por fuerça sera el meridiano». A direcção do meridiano do lugar seria a direcção correspondente a

³⁹Estes métodos de determinação da linha meridiana pelo comprimento da sombra era mais usual em terra firme, pois implicavam superfícies perfeitamente niveladas, o que seria complicado de obter a bordo.

⁴⁰Albuquerque, «A Bússola e a declinação magnética», p. 145.

metade do arco entre o azimute no momento do nascimento e ocaso do sol, dois momentos do dia em que as alturas do astro são iguais e nulas.

O quarto, é um método de determinar a «variação da agulha» no nascimento e ocaso do sol recorrendo a dois estiletes instalados na linha equinocial⁴¹ da agulha - «tambien poniendo las puntas del medio circulo o dos astiles en los dos extremos o puntas de la linea señalada en este instrumento por equinocial : y en saliendo [nascimento] el sol o enponiendose [ocaso] pontualmente concertar el instrumento : de manera que el circulo o astiles hagã la sombra que vaya por linea recta de la vna punta del circulo ala otra. Decho esto echareys vn hilo que corte por el centro [?] e punta del aguja : [?] por el punto en que el aguja señalar el polo hasta la graduaciõ.»

Faleiro distingue duas situações. A primeira, quando o paralelo do lugar coincide com a declinação do sol, «E quãdo el hilo cayere por la linea diametral señalada enel instrumento precisamente : si la nao estuuire enel paralelo en que el sol estuuire aquel dia : el aguja estara verdadera. E si el hilo cortare la graduacion fuera dela linea diametral todos los grados que ouiere desde la linea hasta el pũto en que el hilo cortare la graduacion sera lo que el aguja nordesteara o noresteara segun la parte de la linea o meridiano a que se apartare : y esto como es dicho sera quando la não estuuire enel paralelo en que el sol aquel dia estuuire.»; A segunda, quando o paralelo do lugar não coincide com a declinação do sol «E quãdo la não estuuire en otro paralelo toda la distancia ã ouiere del paralelo de la não nao al paralelo del sol seha de acrecentar o sacar de los grados que entre el hilo y meridiano del instrumento ouiere segun la parte para que el hilo y aguja se apartare del meridiano : [?] lo que estares era lo que el aguja nordesteara.»

Lendo o quarto método de Faleiro, percebe-se que o autor parte do princípio que o azimute do nascimento e ocaso do sol só depende da latitude do lugar e da declinação do sol. O cosmógrafo estava correcto assumindo que o azimute do nascimento e ocaso do Sol dependia da latitude do lugar e declinação do astro, contudo, errava assumindo que os elementos tinham uma relação aritmética. Terá sido por falta de conhecimentos de astronomia náutica que não compreendeu que entre os elementos existia uma relação trigonométrica, proposta por Pedro

⁴¹Linha equinocial da agulha: é a linha Este-oeste da agulha. As agulhas de marear eram constituídas por um círculo dividido em 32 rumos, correspondentes aos pontos cardeais e intercardiais, sendo que os quatro quadrantes principais eram separados por uma linha norte-sul e uma linha no sentido leste-oeste, perpendicular à anterior, esta última designava-se por linha equinocial.

Nunes. Porém, como salienta Luís de Albuquerque⁴², mesmo que o método tivesse sido experimentado no mar pelos pilotos, também eles não se aperceberiam dos erros presentes na regra de Faleiro. Fontoura da Costa apresenta a seguinte crítica: «Não se compreendem tão grandes incorrecções da parte de Francisco Faleiro, que certamente dera o seu manuscrito a lês a seu irmão Rui»⁴³. Todavia, não nos devemos esquecer que decorrem ainda vários anos, desde a obra de Faleiro, até que o conceito de amplitude ortiva e occídua entrasse na náutica e se tornasse corrente.

Para que o quarto método de Faleiro fosse aplicado com sucesso era necessário que o observador tivesse em seu poder tábuas de amplitudes ortivas, que surgiram no final do século XVI, como mostrou António Costa Canas: as mais antigas tabelas que se conhecem, e que podem ser atribuídas a João Batista Lavanha datam de 1598⁴⁴, existem referências à sua utilização entre os pilotos a partir de 1600, segundo Fontoura da Costa⁴⁵ as tabelas foram entregues nessa data a Gaspar Ferreira Reimão juntamente com um instrumento para que ele as experimentasse no mar. Contudo, as referências às amplitudes ortivas são anteriores, Pedro Nunes refere-se às amplitudes ortivas no *Tratado da Sphera*, indicando um método gráfico para a relação trigonométrica entre a declinação do sol e a latitude do lugar. A prioridade no cálculo das amplitudes ortivas entre os autores ibéricos do século XVI, encontra-se estudada de forma aprofundada na tese de doutoramento de António Costa Canas.⁴⁶

E hum dos modos que eu teria pera no mar verificar quanto a agulha nordestea : seria sabendo a altura do polo e a declinação do Sol : e por a agulha ao Sol en nacendo com algum pequeno estilo que va endereçado ao centro da agulha : pello que ho Sol say do rumo em que auia de nacer : saberemos quanto nordéstea ou noroeste.⁴⁷

Visto este trecho, é pertinente analisar a seguinte afirmação de Luís de Albuquerque: «D. João de Castro usou este processo de Faleiro, mas só no caso de se encontrar próximo do equador; então A [azimute do sol no nascimento] podia ser obtido da declinação do Sol, como efectivamente se fez no Roteiro de Lisboa a Goa.»⁴⁸

⁴² Albuquerque, «A Bússola e a declinação magnética», p. 152.

⁴³ Costa, *A Marinharia dos Descobrimentos*, p. 189.

⁴⁴ Canas, «A obra náutica de João Baptista Lavanha (c. 1550-1624)», p. 361.

⁴⁵ Costa, *A Marinharia dos Descobrimentos*, p. 190.

⁴⁶ Canas, «A obra náutica de João Baptista Lavanha (c. 1550-1624)», p. 359-78.

⁴⁷ Nunes, *Obras. Tratado da Sphera. Astronomici Introductorii de Spaera Epitome*, p. 45.

⁴⁸ Albuquerque, «A Bússola e a declinação magnética», p. 152.

Para analisar o que é afirmado por Luís de Albuquerque, vamos a observar a passagem citada, do roteiro de D. João de Castro, a observação referida foi realizada em 22 de Agosto de 1538, tendo a determinação da latitude na passagem meridiana indicado que o navio se encontrava em $1^{\circ} 25'$, tendo o sol nesse dia atingido uma altura máxima de 80° .

Nascimento do sol, por onde em *sphera recta* viremos em conhecimento da variação das agulhas:

Apontando o sol no horizonte ho estilo lançou a sombra 1 grao, contando o oeste pera o sul. Logo, naço o sol hum grau de leste pera o norte, e daqui podemos tirar que a agulha norestea 7 graos $1/2$, e a rezão he esta; estando em *sphera recta*, que sera debaixo da linha quanta declinação tiuer o sol nesse dia, tanta largura terá de nascimento; e porquanto a equynocial he a verdadeira linha de leste oeste, e o circulo graduado do estromento representa o horizonte, de neçessidade a sombra do estilo, que se aleuanta do çentro deste circulo, cortará de sua circunferência outros tantos grãos, quantos o sol anda apartado da equinoetial.

Ora, imaginando que estou em *sphera recta*, por quanto estou tão perto da equinoetial que pera este effecto he cousa insensiucl o que me falta, era necessário que me nascesse o sol 8 graus 35 minutos de leste pera o norte, que he a declinação deste dia, e que o estilo me lançasse a sombra outros 8 graus 35 minutos do oeste pera o sul por quanto a linha de leste oeste, que me mostra minha agulha no circulo graduado, fica por equinoetial; mas oje naceme o sol em meu estromento hum grão de leste pera o norte, e o estilo lançou a sombra outro grão de oeste pera o sul; logo, seguesse que estes 7 graos œ que o sol naço mães pera leste, norestea a agulha. E esta operação vem conforme a que ontem fiz pello outro modo dos arcos.⁴⁹

Este excerto do roteiro traz-nos um exemplo do brilhantismo e capacidade crítica de D. João de Castro, por outro lado refuta a opinião de Luís de Albuquerque de que o futuro Vice-rei da Índia estaria a utilizar o método de Faleiro. Demonstra acima de tudo, que D. João de Castro percebia claramente os conceitos subjacentes às metodologias que utilizava na determinação da declinação magnética. Ele indica que o método de observação do azimute ao nascer do Sol utilizado em condições especiais, com a «*sphera recta*»⁵⁰, ou no caso apresentado estando na

⁴⁹Castro, *Obras Completas*, p. 255.

⁵⁰Luís de Albuquerque explica o conceito da «*sphera recta*» na nota 233 do roteiro. O conceito de «*sphera recta*» encontra-se explanado no *Tratado da Sphera* e era a situação em que o observador se encontrava num lugar sobre a linha do equador.

latitude de $1^{\circ} 25'$, como autor diz: «quanto estou tão perto da equinoetial que pera este effecto he cousa insensiuél o que me falta», assim «porquanto a equynocial he a verdadeira linha de leste oeste», podia assumir que «o circulo graduado do estromento representa o horizonte». Esta passagem é um exemplo claro do raciocínio lógico dedutivo, que lhe permitiu tirar conclusões sobre as suas observações.

Pedro Nunes refere-se no *Tratado sobre certas dúvidas de navegação* a esta questão da agulha representar o horizonte. A título de exemplo, o tratado apresenta a explicação de Pedro Nunes da seguinte forma: «E portanto nenhum paralelo fora da equinocial: vay leste oeste»⁵¹. Como já provado, D. João de Castro aprendeu com Pedro Nunes e leu os tratados publicados em 1537, e recebeu do Infante instruções para experimentar o método de Pedro Nunes. Por todos os elementos indicados atrás, na nossa opinião, aquilo que faz nesta passagem do roteiro é analisar a sua observação à luz dos conceitos que tinha aprendido com Pedro Nunes. Pensamos que relacionar o texto com os métodos de Faleiro, apresenta-se um exercício muito esforçado e sem fundamento.

Pedro Nunes, por seu lado, era mais claro no método proposto. Considerava que o observador devia registar a sombra antes do meio-dia, quando o sol apresentava uma determinada altura acima do horizonte. Após o meio-dia, o observador repetia a operação quando o sol apresentasse a mesma altura. Através da diferença dos azimutes para a linha norte-sul determinada pela agulha, o observador conseguia saber se existia ou não variação. Se a diferença angular entre a direcção indicada pela agulha e da sombra do estilete fosse igual em ambas as observações, não existiria variação. Se essas fossem diferentes, o excesso era dividido por dois e esse valor seria a variação.

Vejamos a explicação do método através das palavras do autor:

E querendo saber no mar quanto a agulha nordestea: tomaremos ho sol no astrolabio: e veremos logo no mesmo tempo per quantos graos se aparta a sombra do estilo pela roda do estromento do diametro: tendo nelle ho ferro da agulha justo: e teremos isto em lèbrança: e o astrolábio guardaremos assi: sem tirar ho mediclinio donde esta: ate que despoys do meyo dia nos torne ho sol a entrar pelos buracos: q he a mesma altura do sol puntualmente: e por isso guardaremos assi ho astrolabio: porq soo meo grao daltura faz muita deferença no correr da sombra pela roda do estromento em algüas oras do dia: e veremos então per quantos graos se aparta a sombra do estilo do diametro: porque se as

⁵¹Nunes, *Obras. Tratado da Sphaera. Astronomici Introductorii de Spaera Epitome*, p. 106.

distancias forem iguaes: saberemos q a agulha vay justa ao polo: e se forem desiguais: nordesteara ou noresteara pela metade da deferença das duas distancias: conuem a saber se antes do meyo dia auia doze graos: e despoys vinte a deferença he oyto: e ho meyo quatro estes quatro graos sam os que nordestea ou norestea: porque ho meyo dia foy nos dezaseys[...]⁵²

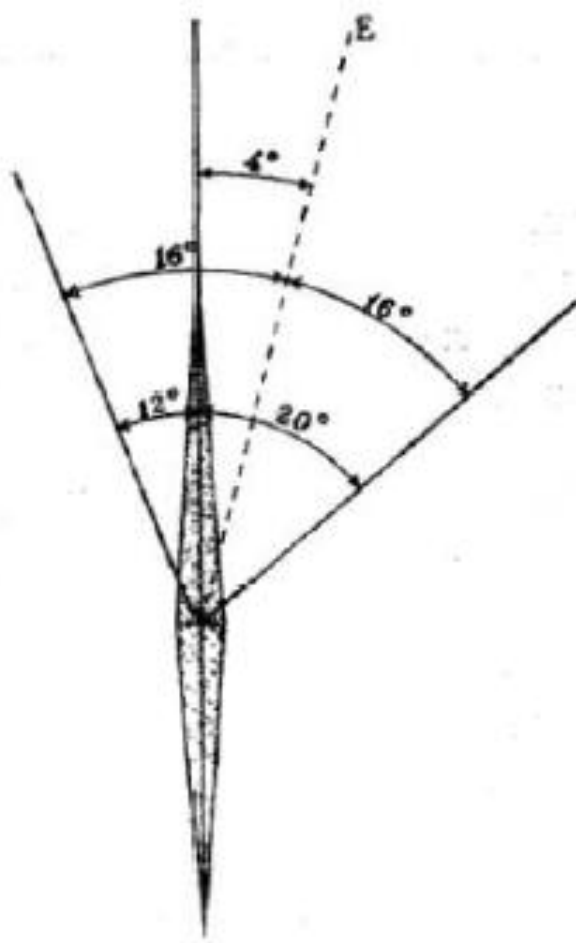


Figura 1.5: Exemplificação do método de determinação da variação da agulha de Pedro Nunes

(imagem retirada dos *Estudos de História* de Luís de Albuquerque)

Devemos salientar uma diferença notória entre os métodos propostos: Faleiro considera o tempo pelo relógio, como o método mais preciso para encontrar o «medio dia puntual». Por seu lado, Pedro Nunes considera a diferença de azimuth por alturas equivalentes do Sol, antes e após a passagem meridiana do astro. O método de Pedro Nunes foi testado por D. João

⁵²Ibid., pp. 143-44.

de Castro, na viagem de Lisboa a Goa em 1538 e na viagem ao mar «Roxo» em 1541, tendo provado a eficácia do método.

Agora iremos analisar a segunda utilização da lâmina das sombras na determinação da latitude por alturas extrameridianas. Luís de Albuquerque refere que «entre as contribuições mais valiosas dadas por Pedro Nunes à marinharia da época, contam-se os processos que em 1537 apresentou para a determinação de latitudes por alturas extrameridianas do sol, e para determinação da declinação magnética, também por observações solares.»⁵³

Discordamos da afirmação feita por Luís de Albuquerque de que a determinação da latitude por alturas extrameridianas foi um valioso contributo para a náutica: o processo proposto por Pedro Nunes, de acordo com as fontes conhecidas até ao presente, foi aplicado somente por D. João de Castro, um navegador com elevada instrução, necessária para compreender as metodologias e criticar os resultados. Desconhecem-se outros pilotos que tenham tentado utilizar o método de Pedro Nunes. Essa indiferença por parte dos mareantes é sinal de que o cosmógrafo não conseguiu operacionalizar os seus conceitos teóricos e introduzi-los na prática. Contudo, face ao elevado número de críticas aos pilotos, lavradas por Pedro Nunes nos seus tratados de 1537, duvidamos que a introdução das propostas na marinharia fizesse parte dos objectivos imediatos aquando a publicação da obra. Foram reproduzidas por autores teóricos, porém, caíram no esquecimento entre os práticos, nunca se tendo vulgarizado na marinharia do século XVI.

Pedro Nunes no *Tratado em defensam da carta de marear* apresenta dois métodos de determinação da latitude do lugar por alturas extrameridianas do sol. Como ele próprio argumenta, «a cousa mais necessaria e proueitosa pera a navegação: e o principal fundamêto della: he o conhecimento da altura do polo sobre o horizonte: ou a distancia do circulo equinocial que he o mesmo»⁵⁴ e continua justificando a necessidade de ter um método para determinar a latitude fora da passagem meridiana do Sol: «e os antigos autores não nos deixarão escripto como se isto [latitude] podese alcançar somente ao meio-dia que he conta muy certa e sem falencia: mas que não basta principalmente pera as viagens compridas: nas quaes muitas vezes acôtece encobrirse o sol ao meio-dia: e dahi a poucas oras amostrarsenos muito claro»⁵⁵. Pedro Nunes considerava que a coordenada da latitude era muito importante, a coisa mais necessária e proveitosa para

⁵³Albuquerque, *O Guia Náutico de Munique e o Guia Náutico de Évora*, p. 108.

⁵⁴Nunes, *Obras. Tratado da Sphera. Astronomici Introductorii de Spaera Epitome*, p. 160.

⁵⁵Ibid., p. 160.

a navegação. Considera ele que essa coordenada devia ser conhecida diariamente, justificando o desenvolvimento de métodos de determinação da latitude em qualquer momento do dia em que o sol não se apresentasse encoberto. No entanto, é estranho que Pedro Nunes se refira à determinação da latitude do lugar pelo sol como método único. Quando se sabia, que os pilotos também utilizavam métodos para determinar a latitude pela constelação da Ursa Menor Polar e o cruzeiro do sul.

Pedro Nunes publicou o *Tratado em defensam da carta de marear* em 1537, onde expõe dois métodos para determinar a latitude por alturas extra-meridianas. Em 1566, integrado nas *Opera*, foi publicado o *De regulis et instrumentis* com um conjunto de 27 capítulos dedicados à náutica.⁵⁶ No capítulo 10, o autor dedica-se a refutar uma proposta elaborada por Pedro Api-ano, que reivindicava o desenvolvimento de um método para determinar a latitude em qualquer momento do dia.

Nos capítulos 13 a 16, Pedro Nunes aprofunda a obra de 1537, aumentando o estudo da determinação da latitude por alturas extra-meridianas.⁵⁷

O capítulo 13 dedica-se ao estudo do «Processo para achar a altura do pólo pelos raios do Sol, quando se conhece a posição do meridiano».⁵⁸ Neste método era necessário conhecer a linha meridiana, possível de determinar tal como ensinado por Ptolomeu no *Almagesto*. Era um método que só era possível de utilizar em terra.

O capítulo 14 dedica-se ao estudo do «Processo para achar a altura do pólo por meio dos raios do Sol, ainda que se desconheça a posição do meridiano».⁵⁹ Neste capítulo, o cosmógrafo volta a apresentar o processo que já exposto anteriormente, em 1537.

O capítulo 15 dedica-se ao estudo do «Processo para achar a altura do pólo por meio dos raios do Sol, desconhecendo-se a posição do meridiano e a declinação do Sol».⁶⁰ Também este capítulo repete o tema já apresentado anteriormente, em 1537. Este método foi devidamente explicado atrás. Tanto quanto sabemos, como já indicado, este foi o único método que foi testado na prática a bordo dos navios.

O capítulo 16 dedica-se ao estudo do processo de «Achar a altura do pólo no plano de um

⁵⁶Nunes, *Obras. De arte atque ratione nauigandi*, pp. 408-14.

⁵⁷*ibid.*, pp. 517-78. Nas anotações gerais a comissão científica explica de que forma os tratados de 1537 foram organizados na obra de 1566, re-publicada em 1573

⁵⁸*Ibid.*, pp. 408-14.

⁵⁹*Ibid.*, pp. 414-17.

⁶⁰*Ibid.*, pp. 417-19.

círculo, desconhecendo-se, uma vez mais, a declinação do Sol e a posição do meridiano».⁶¹ Relativamente a este método recomenda-se a leitura do estudo publicado por Jorge Manuel Moreira Silva⁶² sobre um terceiro método de determinação da latitude por alturas extrameridianas. O processo tem duas abordagens explicadas de forma aprofundada no referido estudo. O procedimento previa três observações de altura e azimutes ao Sol, não sendo necessário conhecer a declinação do Sol, nem a declinação magnética. As duas abordagens supõem a resolução do problema sobre a Poma e no plano. A segunda abordagem apresenta-se muito mais complexa e inacessível aos poucos conhecimentos dos pilotos, obrigava à planificação das observações e destreza na aplicação da geometria euclidiana.

Voltemos às informações publicadas em 1537. O segundo método foi demonstrado pelo próprio Pedro Nunes, em Évora, no ano de 1533, ao fim do dia, pouco antes do ocaso do sol.

Existe uma afirmação de particular interesse para analisar a obra do cosmógrafo e a sua vontade: «posto ã meu desejo sempre fosse e he: tirarse de minhas letras algum fructo pera esta arte de nauegar: E porque nenhũa regra que tem ho fundamento na parte especulativa ou theorica: pode ser bem praticada e entêdida: sem noticia daquelles principios em que se funda». Pedro Nunes alerta para a importância de conhecer os princípios especulativos que fundamentam uma metodologia. Só dessa forma era possível compreendê-la e efectuá-la sem erro.

Após a introdução em que Pedro Nunes justifica a necessidade de existir um método de determinação da latitude por alturas extra-meridianas, apresenta a explicação teórica e geométrica dos azimutes do sol. E depois da explicação teórica apresenta os instrumentos que considera serem necessários para determinar a latitude em todo tempo em que houver Sol.

E porq̃ não vejo cousa que no mar possamos leuar: que sendo indeferente a todallas alturas do polo: nos possamos della mais aproueitar q̃ da agulha q̃ representa o horizõte em toda parte: e estrelabio e globo q̃ representa o universo e ho regimento da declinação do sol que he comũ a todallas alturas.⁶³

Ajudando-se dos instrumentos e da teoria que indicou, o cosmógrafo propõe dois métodos

⁶¹Nunes, *Obras. De arte atque ratione nauigandi*, pp. 420-22.

⁶²Silva, «Outro método de Pedro Nunes para determinação da latitude por alturas extrameridianas», pp. 143-53.

⁶³Nunes, *Obras. Tratado da Sphera. Astronomici Introductorii de Spaera Epitome*, p. 165.

para a determinação da latitude em todo o tempo em que houver Sol. O primeiro era utilizado «pressupõdo que a agulha vay justa ao polo sem nordestear nẽ noroestear»; O segundo, quer «ella [agulha] nordestee quer norestee: e posto q̃ não saibamos se faz mudança: ou se ha não faz».

Não vamos estudar o primeiro método, por ser mais simplista e na maioria das ocasiões não podia ser aplicado. Como o próprio Pedro Nunes diz: «Mas porque todallas agulhas fazem mudança e nos não amostrão ho verdadeiro meridiano: debaixo do qual estamos: como esta per muitas experiências prouado», remetendo para o segundo e terceiro métodos, que se aplicavam em todas as ocasiões. Por esse motivo, vamos só aprofundar o estudo do segundo método, único testado por D. João de Castro em 1538.

D. João de Castro aplicou o método com sucesso no início da viagem. Porém, após várias observações começou a detectar incoerências nos valores obtidos, justificadas por ele nos defeitos de esfericidade das pomas e na pequena variação azimutal entre as diferentes observações.

Relativamente à reduzida variação azimutal D. João de Castro apresenta o seguinte comentário na *Notação sobre o tomar a altura a toda a hora*, no dia 23 de Abril de 1538:

Das operações que fiz oie, pera alcançar a variação das agulhas, se pode tirar muito proueito pera o tomar do sol a toda a ora, especialmente quando quer que andar perto do nosso zenith, por que então a sombra do estilo escasamente faz variação notauel pela circunferência do circulo graduado como nas operações doje de pella menhãa veremos, que andando o sol pelo estrolabio 18 graos œ, a sombra do estilo não variou pello circulo hum grão grao acabado; e há mister que esperemos tanto tempo pera a sombra do estilo nos dar variação notauel, e capaz de com ella obrarmos na poma, que nos cheguemos mui perto do meo dia, onde então o estrolabeo escusa a poma; isto acontece ao contrairo quando quer que nos achamos afastados do paralelo onde anda o sol, por que então, andando o sol pello estarlabeo poucos grãos, a sombra do estilo varia muitos no circulo graduado.⁶⁴

No mesmo roteiro, D. João de Castro faz a seguinte observação sobre os defeitos da poma no dia 17 de Junho de 1538:

E tambem encontra muyto à punctualidade desta demonstração ser a poma não tão redonda como conuem, e os meredianos de latão serem mal graduados, e o horizonte não andar justo com a poma, mas todas estas cousas serem feitas de fancaria e sem primor.⁶⁵

⁶⁴Castro, *Obras Completas*, pp. 148-49.

⁶⁵Ibid., p. 190.

A informação sobre a variação angular da sombra, era utilizada no segundo e terceiro métodos propostos por Pedro Nunes para obtenção da «altura do pólo» [latitude] em todo o momento em que houver sol e não somente no momento da culminação⁶⁶ do astro. O método de determinação da latitude do lugar pela passagem meridiana do sol era o método utilizado pelos pilotos, que o cosmógrafo considerava insuficiente, como já indicámos atrás.

O segundo método de obtenção da altura do pólo em todo o momento em que houver sol é descrito por Pedro Nunes da seguinte forma:

E sera ajudandonos todauia da agulha se he no mar: posto que não saibamos se vay ao norte: ou quanto dele se desuia pera podermos saber o que correram as sombras polla distancia que ha a hum pôto fixo e faremos nossa obseruação per esta arte. Tomaremos a altura do sol pello estrelabio: e na lamina das sombras .a.b.c.d. que no centro .e. tem o estilo perpendicular: notaremos o lugar da circuferencia que a sombra nos amostra: o qual seja neste enxemplo. ho pôto .f. per quâtos graos se aparta do ponto .d. como faziamos no outro modo de tomar a altura do polo: ymaginando q a agulha nos amostra ho meridiano posto que assi nã seja: e situaremos o sol no globo como cõuẽ: e dahi a pouco espaço de tẽpo ã que a sombra faça mudança sensiuel: tornaremos a tomar o sol pello estrelabio: e notar outra vez o lugar da sombra q seja no ponto .f. e situaremos seguda vez o sol em seu lugar no globo: ou começado do meridiano jmaginario como ao principio: ou com a deferença das sombras que he o mesmo: e sobre os dous pôtos em que situamos o sol faremos arcos de círculos como o que da do sol ao polo: o qual se sabe pella declinação que tem esse dia: e ho lugar do encontro necessariamente sera o ponto ã no globo representa ho polo.

Para ilustrar este método vamos aproveitar a representação da poma apresentada por Luciano Pereira da Silva⁶⁷ (Figura 1.6):

A poma seria constituída por um arco de círculo máximo fixo, que representava o horizonte graduado de 0° a 360°, um meridiano fictício que representava o meridiano do lugar, por fim um meridiano móvel graduado de 0° a 90°, respectivamente do horizonte para o zénite e para o Nadir.

O método requeria instrumentação de apoio. Era necessário o astrolábio para determinar

⁶⁶Culminação do astro: designação dada à passagem do astro no meridiano do lugar. Nesse momento, o astro atinge a sua altura máxima.

⁶⁷Silva, «A arte de navegar dos Portugueses, desde o Infante a D. João de Castro», p. 376.

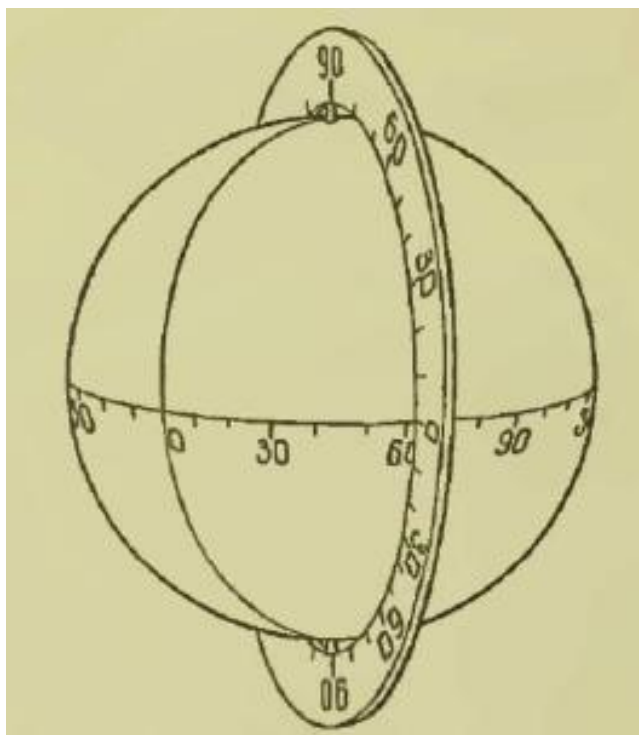


Figura 1.6: Representação da poma utilizada no método das alturas extrameridianas (representação publicada por Luciano Pereira da Silva)

a altura do sol e a lâmina das sombras para determinar o azimuth magnético do sol. O observador efectuava a marcação na poma da altura e azimuth que obtinha a partir das leituras dos instrumentos. Na primeira observação a altura do sol é o arco **.s.r.** da figura 1.8 e o azimuth está representado pelo ponto **.f.** na figura 1.7. A altura e azimuth eram referidos ao meridiano fictício utilizando o meridiano móvel graduado e o horizonte da poma também ele graduado.

Após aguardar algum tempo, o necessário para que a «sombra faça mudança sensível». O piloto conduzia uma nova leitura da altura do sol, com a segunda altura correspondente ao arco **.t.o.** da figura 1.8 e do valor do azimuth representado pelo ponto **.g.** na figura 1.7.

Vejamos uma perspectiva tridimensional, apresentada por Luís de Albuquerque no volume IV dos *Estudos de História* (figura 1.9):

O piloto marcava as alturas $R\widehat{1S}1$ e $R\widehat{2S}2$ na poma. Das tabelas obtinha o valor da declinação do Sol para o dia pretendido. O valor do arco (**P**) entre o pólo e o Sol era determinado da seguinte forma:

$$P = 90 - \delta$$

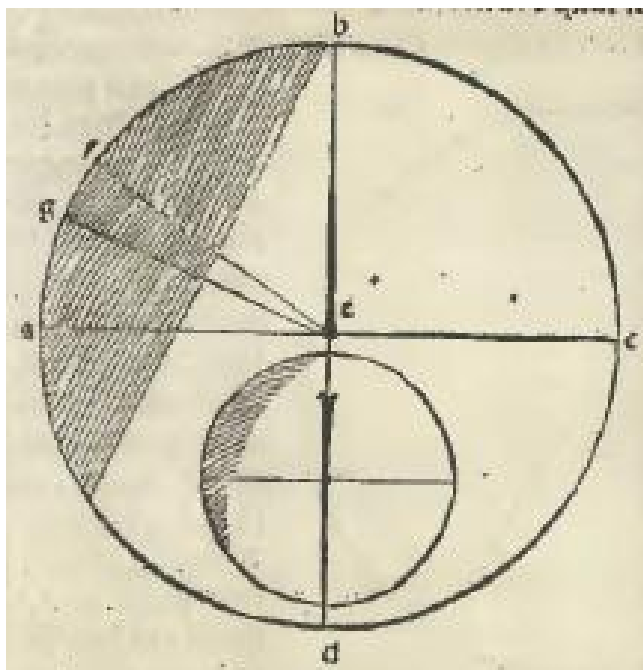


Figura 1.7: Lâmina das sombras proposta por Pedro Nunes
(figura retirada da edição original do *Tratado da Sphera* de 1537)

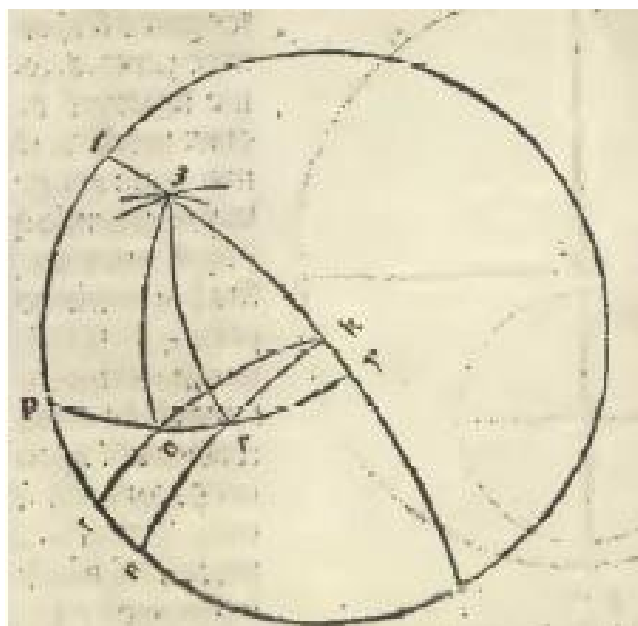


Figura 1.8: Descrição gráfica do segundo método de obtenção da altura do pólo por
extrameridianas
(figura retirada do original do *Tratado da Sphera* de 1537)

A partir dos dois pontos que representam as posições do Sol nos dois momentos de observa-

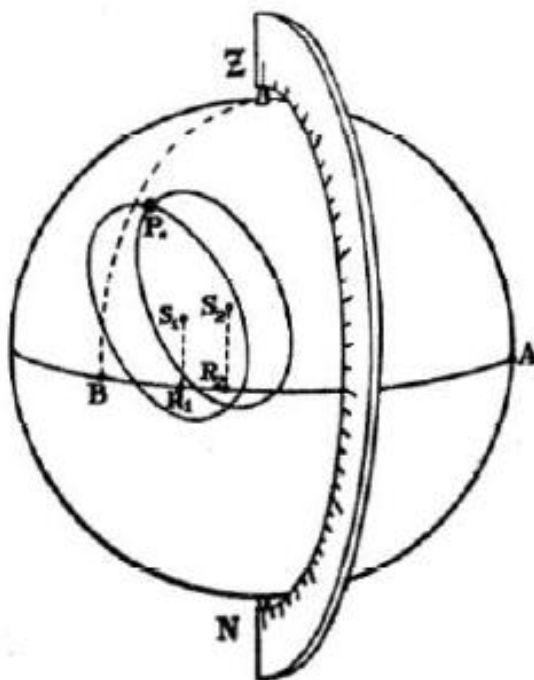


Figura 1.9: Representação da marcação das alturas extrameridianas e azimutes ao sol

ção, o piloto tinha de marcar duas circunferências com raio igual a P . Para efectuar o método o piloto recorria a um compasso especial, designado de «compasso curuo»⁶⁸, destinado à marcação de arcos. Sobre a forma desse compasso podemos somente especular. No entanto, pensamos ser importante referir que os *Libros del Saber* apresentam um «compasso redondo». Acreditamos que o compasso apresentado na figura 1.10 seria semelhante ao utilizado no método:

As duas circunferências, marcadas com o compasso curvo a partir das duas posições do sol, vão interceptar-se em dois pontos. Um deles representa o pólo. Como Pedro Nunes indica, um piloto treinado facilmente conseguia identificar qual das intercepções representava o pólo.

E posto que estes encôtros sam dous: hum pera hũa banda e outro pera a parte contraira: por serẽ tam desuiados hũ do outro: que as mais vezes hum delles fica debaixo do horizonte. E a agulha nam faz tanta deferença que nos preuerta a ordem do ceo: se esteuermos bẽ exercicitados no primeiro modo com seus documentos saberemos em qual destes encontros esta o polo.

Por fim, Pedro Nunes ainda indica que se o pólo não estiver sobre o meridiano fictício, isso é indicativo que a agulha apresenta «variação» cujo ângulo é a diferença entre o meridiano

⁶⁸D. João de Castro na observação de treze de Abril identifica dessa forma o compasso utilizado.

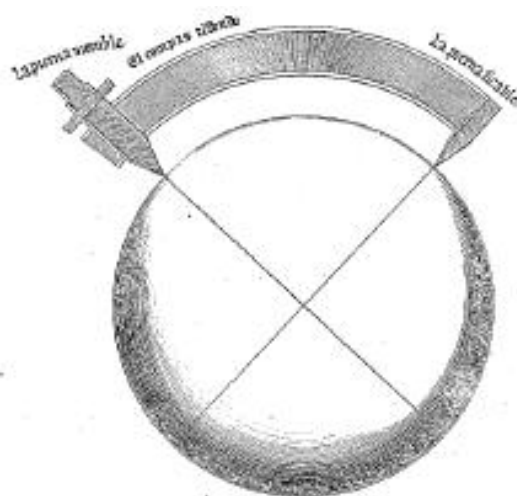


Figura 1.10: Representação de um compasso redondo
(imagem retirada do *Libro dell Astrolabio redondo*)

fictício **Z B** e o círculo máximo que una **Z P**.

E a deferença que ouuer antre ho verdadeiro meridiano: & o que a agulha nos amostroua: sera a deferença per que nordestea ou norestea ou se ficarem ambos em hum mesmo sitio: saberemos que a agulha vay justa ao polo.

Como já referido atrás, este método foi experimentado por D. João de Castro. No início do roteiro de Lisboa a Goa, na entrada correspondente ao dia treze de Abril de 1538, D. João de Castro informa-nos que foi mandatado pelo Infante D. Luís para efectuar duas tarefas: a primeira, averiguar «se nestas Ilhas [Canárias] variaução as agulhas ou nao, por ser pratica de muitos pilotos que neste lugar e meridiano feria o norte de suas agulhas no verdadeiro polo do mundo»; a segunda, «se era verdadeira e punctual a regra que nos deu o doctor Pero nunez pera, em toda a ora do dia em que fizer sombra, sabermos a leuacao do polo». Para ele poder efectuar o que lhe foi solicitado, o Infante entregou-lhe um «instrumento de sombras, assim designado por D. João de Castro, que tem sido confundido com o instrumento jacente, de que nos ocuparemos no capítulo seguinte.

Por último, vamos ainda dedicar algum tempo ao estudo de alguns autores que citaram o método de Pedro Nunes para determinação da latitude por alturas extrameridianas. A salientar, Robert Hues, no *Tractatus de globis* de 1592; John Davis, no *The Seaman's secrets* de 1595; André Garcia de Cespedes, no *Regimento de Navegacion* de 1606; e o Padre Simão de

Oliveira, na *Arte de Navegar* de 1606⁶⁹.

Na obra de Robert Hues, o nome «Petrus Nonius» está presente em diversas passagens. Por exemplo, quando o autor fala do cálculo do crepúsculo e das linhas de rumo e a sua descrição. No capítulo VI da quarta parte da obra, o autor fala da determinação da latitude pela passagem meridiana do Sol e um método de altura extrameridinas: «To finde out the latitude of any place, by knowing the place of the Sunne or other Starre, and observing the Altitude of it two severall times, with the space of time betwixt the two observations»⁷⁰. Embora ao longo da obra encontremos referências a Pedro Nunes, Robert Hues não refere o cosmógrafo como autor do método.

John Davis na segunda parte do *The Seaman's Secrets* apresenta também o método determinação da latitude por alturas extrameridianas: «To find the Poles height by the Sunne by any two given Azimuths and altitudes, not regarding the true horizontall position or needles variations.»⁷¹ A descrição apresentada é semelhante à de Pedro Nunes. Porém, também John Davis não o indica como autor do método.

Não apresentamos os autores ibéricos porque não evidenciam novidade em relação à inspiração nos trabalhos de Pedro Nunes. A obra de André Garcia de Céspedes está pejada de referências a Pedro Nunes e a obra do Padre Simão de Oliveira segue o Padre Francisco da Costa, o qual reflete o trabalho de Pedro Nunes.

É conhecido um autor que disputa com Pedro Nunes a prioridade do método: referimo-nos a Manuel Lindo. Em 1969, Luís de Matos publicou um códice existente na *Bodleian Library* de *Oxford* com o nome: *Um Livro de Marinharia Inédito*⁷². O texto não tem data de publicação, mas, torna-se importante no âmbito deste estudo porque apresenta um autor contemporâneo de Pedro Nunes que disputa com o cosmógrafo a autoria do método de determinação da latitude por alturas extrameridianas. Revela indícios de que Manuel Lindo terá difundido o seu método na mesma data em que Pedro Nunes o demonstrou perante o Rei. Luís de Matos através de argumentos baseados nas tabelas publicadas no códice, indica que o texto terá sido publicado em 1539 ou em data posterior.

Sobre Manuel Lindo pouco se sabe além das referências apresentadas por Luís de Matos na

⁶⁹Albuquerque, *O Guia Náutico de Munique e o Guia Náutico de Évora*, p. 109.

⁷⁰Hues, *Tractatus de globis et eorum usu, a treatise descriptive of the globes constructed by Emery Molyneux and published in 1592*, pp. 103-04.

⁷¹Davis, «The Seaman's Secrets», pp. 319-20.

⁷²Matos, *Livro de marinharia inédito*.

introdução da obra. Foi contemporâneo de Amato Lusitano em Salamanca, merecendo tratamento elogioso por parte deste último. Joaquim Veríssimo Serrão coloca-o na Universidade de Salamanca em Maio de 1534; no entanto, o texto do códice refere que o autor terá apresentado o seu método em 1533. Existe outra referência ao concurso de Manuel Lindo, na qualidade de bacharel, à cadeira de artes da Universidade de Lisboa, que tinha ficado vaga pela partida de Garcia de Orta para a Índia. A escassa informação existente não permite tecer grandes considerações biográficas pelo que nos vamos cingir ao texto do códice no âmbito da história da náutica.

Pelo texto do Livro de Marinharia, depreende-se que Manuel Lindo conhecia o *Tratado em defensam da Carta de Marear*. Faz uma clara referência a uma crítica aí publicada:

No Regimento que tem os pilotos pera tomar a altura do polo pella estrela [polar]: há erro: porque diz que a estrela ao polo ha tres graos e meo e sam quatro graos e noue ou dez minutos[...]⁷³

Manuel Lindo critica os valores utilizados pelos pilotos e a correcção proposta por Pedro Nunes citando o valor de correcção publicado no *Tratado em defensam da Carta de Marear*:

E se bem oulharem a conta que fazem pela estrela do norte, é de todo ponto falsa não sòmente por razão dos três graos e meo que tiram ou acrescentam vindo ao meridiano, porque em verdade menos acertam os que, querendo emendar este erro, afirmam serem 4 graos e 9 minutos; baste que per nenhũa via a dita conta pode ser geral, pois não serve, salvo na altura de Lisboa ou em outra semelhante, como fàcilmente demonstraria se a matéria me dera lugar.⁷⁴

Luís de Albuquerque refere-se a esta dupla crítica de Manuel Lindo⁷⁵, por um lado, critica o valor utilizado pelos pilotos de 3° 30', e por outro, critica a proposta de Pedro Nunes de utilizar 4° 09'. O trecho deixa-nos antever que Manuel Lindo considerava que a conta não poderia ser geral. Indica de forma veemente que as correcções presentes no regimento da polar só poderia ser utilizadas na «altura de Lisboa ou em outra semelhante», por outras palavras, em todos os locais que se situassem no mesmo paralelo que Lisboa. Neste ponto: utilização do regimento do norte para todas as latitudes, Lindo e Nunes estavam de acordo.

⁷³Nunes, *Obras. Tratado da Sphera. Astronomici Introductorii de Spaera Epitome*, p. 143.

⁷⁴Matos, *Livro de marinharia inédito*, p. 84.

⁷⁵Albuquerque, «Pedro Nunes e os homens do mar do seu tempo», pp. 144-45.

Como mostrado por Luís de Albuquerque, Lindo estava correcto relativamente à crítica do valor proposto por Pedro Nunes, o valor da distância da polar ao pólo próximo do ano 1500 seria de 3° 25', o valor estimado pelos pilotos era mais próximo da realidade do que o valor que Pedro Nunes queria introduzir. Todavia, relativamente à segunda afirmação, de que a conta não podia ser geral, estavam ambos incorrectos. Luís de Albuquerque recorre ao desenvolvimento de séries trigonométricas, método não disponível no século XVI, para provar que: o erro cometido com a generalização das correcções, era admissível para as latitudes praticadas. Embora Nunes e Lindo estivessem formalmente correctos, os pilotos cometiam erros mais grosseiros ao estimar os valores das observações nos instrumentos⁷⁶ do que ao aplicar as correcções.

O próprio Manuel Lindo indica ter consultado um tratado da Esfera em português, possivelmente a obra de Pedro Nunes publicada em 1537.

Os dias passados me vieram ter à mão dous tratados da esfera tirados de latim em diversas lingoagens, scilicet, castelhana e outro em nosso vulgar português, muito cheos de pontos sutis e proveitosos na arte de navegar;

Procurando apresentar a sua prioridade no método de determinação da latitude por alturas extrameridianas, refere que reparou no método publicado no tratado, mas que para ele não apresentava novidade, tendo-o até demonstrado perante vários fidalgos em 1533. O tratado de Pedro Nunes refere esse ano como a data da demonstração do método perante o Rei em Évora.

Segundo me parece, em cada um deles vinha o regimento da altura não somente ao meo dia, como é costume, mas em todo tempo que parecer sol: cousa, certo, pouco nova pera mim e para aqueles que na ciência das matemáticas tiveram algũa comunicação de minhas letras, porque passa empassa em verdade fazer eu regimento pêra tomar a altura do polo em todo o tempo o primeiro ano que vim de Castela, que foi na era de 533, o qual fiz comum sem mostra de milagres que alguns taes casos costumam fazer, ensinando-o a fidalgos e pessoas dinas de fé que pêra certeza de minha verdade poderia alegar, se me parecera não ser acusado de arrogante em demasia;

Luís de Albuquerque refere-se amplamente a Manuel Lindo no estudo sobre as prioridades de Pedro Nunes, apresentando dois argumentos que enfraquecem as afirmações de Manuel Lindo⁷⁷.

⁷⁶Albuquerque, *O Guia Náutico de Munique e o Guia Náutico de Évora*, pp. 44-49.

⁷⁷Ibid., p. 118.

Contudo, parece-nos que não permitem contestar em definitivo a possível prioridade deste último. A primeira, de que Manuel Lindo afirma ter regressado de Castela em 1533, quando ele diz «o primeiro ano que vim de Castela, que foi na era de 533», no texto não refere ter regressado em definitivo a Portugal nesse ano. Não nos devemos esquecer que a documentação sobre ele é muito escassa e dispersa em tempo. Tão poucos recursos não permitem reconstruir em contínuo a sua biografia. Assim, parece-nos que o facto da documentação recolhida por Joaquim Veríssimo Serrão o colocar em Salamanca em Maio de 1534, não prova só por si que ele tenha estado até essa data sempre em Castela. A segunda, o facto de D. João de Castro não se referir a Manuel Lindo não é sinal de nunca ter ouvido falar dele e não pode ser interpretado como prova de desconhecimento.

Por outro lado, as palavras de D. João de Castro no *Roteiro de Lisboa a Goa* não devem ser interpretadas como prova irrefutável da prioridade de Pedro Nunes no método. Como é possível ler no texto, o próprio refere que ia mandatado pelo Infante D. Luís, discípulo e admirador de Pedro Nunes, para averiguar «se era verdadeira e punctual a regra que nos deu o doctor Pedro Nunez». Refere que o instrumento de sombras utilizado na viagem, entenda-se, aquele especificamente: «foi inventado pelo doctor Pedro Nunez». Parece-nos excessivo basearmo-nos nestas frases para desacreditar as afirmações de Manuel Lindo. Esta será uma dúvida que vai persistir até ao aparecimento de novos dados.

Contudo, é indiscutível que a publicação do método por Pedro Nunes ocorre primeiro, no ano de 1537. Mesmo que Manuel Lindo tivesse prova da sua prioridade através da palavra dos «fidalgos» que assistiram à sua demonstração, não iria colocar a sua reputação em risco perante um Pedro Nunes protegido da corte, cosmógrafo do rei e matemático reconhecido.

[...]porém, não me maravilhei em ver assi devulgado o tomar do sol em toda a hora, pois não é inconveniente cuidarem outros muito fãcilmente o que meu fraco engenho com trabalho pôde imaginar, principalmente em cousas de demonstração, tendo todas ãa mesma certeza:assaz é, ao menos pera mim que são de pequena mostra e menos suficiẽcia, avisar dos erros e enganõs em que poderam encorrer os que quisessem usar os sobreditos regimentos, **porque sem dúvida algũa um deles é de todo o ponto falso e o outro tão confuso e entricado que nom é pera ver**, pois é necessário praticarem-se bem perto de trinta regras pẽra tomarem ãa altura, cousa, certo, bem fora de mão, não sòmẽte pera marinheiros, que nom podem com seis e se embaraçam muitas vezes no tomar da altura

polo Sol ao meo dia, **mas pera outras quaesquer pessoas, inda que sejam bem introdutos na imaginação dos círculos da esfera.** Ora, como quer que isto assi seja, não quero ter em pouco meu regimento breve e fácil, como poderão ver os que na matéria algũa cousa entenderem.⁷⁸

Manuel Lindo critica o regimento, refere que uma das regras é falsa, não explicando o motivo, e a outra confusa, sendo de difícil aplicação, não somente para marinheiros, mas também para outras pessoas que conhecessem a geometria da esfera. Porém, afirma que o seu regimento é «breve e fácil».

Pedro Nunes e Manuel Lindo partilhavam a mesma opinião sobre a incapacidade dos pilotos para operações de aritmética simples. Manuel Lindo afirma: os pilotos «embaraçam muitas vezes no tomar da altura polo Sol ao meo dia», numa outra passagem indica: «inda agora se acham pilotos de 20 anos na carreira da Índea que, tomando o Sol, não podem de cabeça fazer a dita conta sem lerem cinco e seis vezes as regras de seu regimento, e outros se enleam no tirar ou meter da declinação, de sorte que perdem o tino e não sabem dizer em que altura estão».⁷⁹

Após uma análise do instrumento e regimento proposto por Manuel Lindo, concluímos que são ambos similares aos apresentados por Pedro Nunes.

Manuel Lindo propôs o «Modo pera saber se está o dito estromento situado a oulivel» recorrendo a dois triângulos rectângulos isósceles. O método baseava-se na seguinte condição: se a diferença do arco entre a sombra do estilete e a sombra do triângulo fosse igual à altura do Sol após orientar o instrumento, significava que o instrumento estava de nível.

Como quer que a força desta operação consista em sabermos o rumo do Sol pola sombra do hastil ou perpendicular posto sobre o centro do estromento, o qual se não pode saber estando mal oulivelado e não equedistante com a superficie do horizonte, será necessário dar arte pera conhecer se está bem dereito e assentado a oulive, ou ao contrairo, porque, conforme a isso, emendaremos o erro que i houver, acrescentando pesos onde forem necessários. E portanto sobre algũa táboa delgada ou em lâmina de latão, que será melhor, lancemos a risca **A. B.** de iguais quantidade com o diâmetro do estromento e partâmo-la pelo meio no ponto **C.**; alevantaremos depois disto, sobre os pontos **A. B.**, duas linhas perpendiculares e iguaes com **A. C.**, metade de **A. B.**, que se dinalem per estas letras **A.**

⁷⁸Matos, *Livro de marinharia inédito*, p. 30.

⁷⁹Ibid., p. 13.

D. e **B. C.**, de modo que, se lançarmos de dous pontos **D. E.** linhas ao ponto **C.**, ficará feita ãa fegura de dous triângulos reitos, a qual despegaremos de toda a lâmina sobre que se fez, fazendo no ponto **C.** um buraco redondo, segundo a grossura do hastil que nos amostra as sombras.

E querendo saber se está o dito estormento assentado como compre, meta-se esta figura pelo hastil ou perpendicular até chegar à superfície do circulo, e andem ao redor com ela, de maneira que qualquer dos pontos **A. B.** se afaste da sombra do hastil per quarta de círculo. E isto feito, oulharemos os grãos conteúdos entre a dita sombra e a sombra de um dos lados **C. D.** ou **C. E.**; e se forem tantos quanta é a altura do sol sobre o horizonte tomada pelo astrolábio, podes crer que está o estormento muito bem nivelado e tanto que não emenda o erro.⁸⁰



Figura 1.11: Instrumento presente no códice de Manuel Lindo

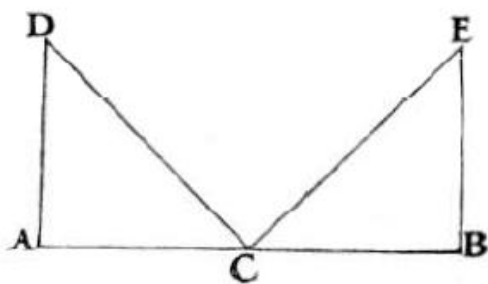


Figura 1.12: Triângulos isósceles que eram adaptados ao instrumento

⁸⁰Matos, *Livro de marinharia inédito*, p. 32.

Como podemos observar pela descrição de Manuel Lindo, o observador sabia se o instrumento estava de nível, no momento em que o arco da sombra do triângulo isósceles tivesse um ângulo coincidente com a altura do sol medida com o astrolábio. O instrumento jacente de Pedro Nunes, quando correctamente de nível, podia ser utilizado para determinar a altura do sol através da sombra do triângulo isósceles projectada sobre o círculo. O estilete destinava-se a orientar o instrumento, tal como apresentado por Manuel Lindo, em que a sombra do estilete se afaste «quarta de circulo», ou seja, noventa graus. Pensamos que o texto de Manuel Lindo prova a nossa teoria de que apresenta uma conjugação de características da lâmina de sombras e do instrumento jacente de Pedro Nunes.

E querendo saber se está o dito estromento assentado como compre, meta-se esta figura pelo hastil ou prependicular até chegar à superfície do círculo, e andem ao redor com ela, de maneira, que qualquer dos pontos **A.B.** se afaste da sombra do hastil per quarta de círculo. E isto feito, oulharemos os graos conteúdos antre a dita sombra e a sombra de um dos lados **C.D.** ou **C. E.**; e se forem tantos quanta é a altura do Sol sobre o horizonte tomada pelo astrolábio, podes crer que está o estromento muito bem nivelado e tanto que não emenda o erro.⁸¹

⁸¹Ibid., p. 32.

Capítulo 2

Instrumento Jacente

A *Petri Nonnii Salaciensis Opera* foi publicada em latim no ano de 1566. No capítulo sexto do Livro II, Pedro Nunes publicou um estudo crítico «Sobre os instrumentos com que se tomam as alturas e as distâncias dos astros». Apresenta o anel náutico e fala sobre um novo instrumento que utiliza a projecção da sombra de um triângulo rectângulo isósceles num plano para obter geometricamente a altura do Sol¹: O Instrumento Jacente. Por fim, indica os problemas associados à construção e operação dos instrumentos utilizados pelos mareantes.

O instrumento que pretendemos estudar neste capítulo foi designado pelo autor - instrumento jacente. Para elaborar o corrente estudo seguimos a segunda edição da obra *De arte atque ratione nauigandi*, traduzida e editada pela Fundação Calouste Gulbenkian em 2008.

O cosmógrafo não apresenta o instrumento como tendo sido seu invento. Pelo contrário, apresenta-o com carácter de divulgação de uma alternativa conhecida aos instrumentos erectos. É o próprio que indica: «A altura do Sol pode tomar-se não só com instrumentos erectos sobre o plano do horizonte como também usando instrumentos que estão jacentes, paralelos a esse plano.»².

Na obra, a construção do instrumento aparece descrita da seguinte forma:

Divida-se, então, uma tábua circular **abcd** em 360 graus, como é costume, colocando-a paralela ao horizonte e fabrique-se, num material duro, um triângulo rectângulo e isósceles **fgh**, de modo que os lados **fg** e **gh** façam um ângulo recto e sejam iguais ao semidiâmetro do círculo traçado. Coloque-se então esse triângulo perpendicularmente à tábua circular, de tal modo que o lado **gh** se ajuste perfeitamente a **ae**, semidiâmetro do círculo, isto é,

¹Nunes, *Obras. De arte atque ratione nauigandi*, pp. 358-60.

²Ibid., p. 358.

que fique **g** com **a**, e **h** com **e**; por conseguinte o ponto **f** ficará para cima. Coloque-se também um estilete perpendicularmente ao plano, em qualquer ponto do diâmetro **bd**.

O instrumento proposto por Pedro Nunes podia ser construído numa tábua rectangular ou circular. Como o mesmo indica, a partir da demonstração se conclui que «se este tipo de instrumento tiver a forma quadrada, de modo a que nele se possa traçar a recta **ak** tangente ao círculo no ponto **a**, não será necessário um estilete ou uma haste cuja sombra se projecte na recta **bd**.». Luís de Albuquerque apresenta a versão rectangular, reproduzida na figura 2.2.

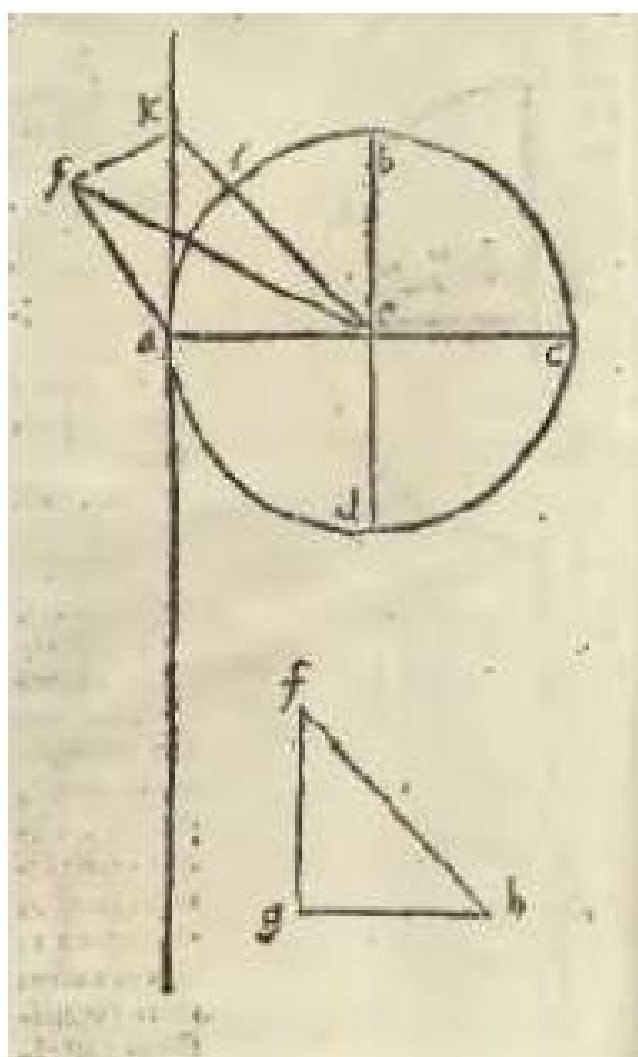


Figura 2.1: Descrição gráfica instrumento jacente no plano

(figura retirada da edição original do *De arte atque ratione navigandi* de 1573)

Relativamente ao modo de operação do instrumento, o autor recomenda o seguinte procedimento para a versão circular:

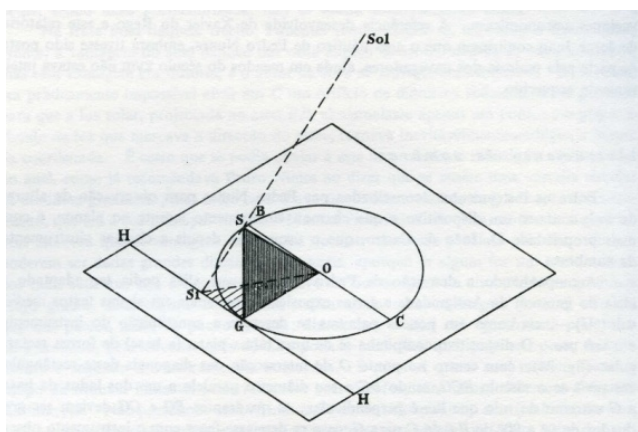


Figura 2.2: Representação esquemática do instrumento jacente no plano
(figura retirada de *Instrumentos de Navegação* de Luís de Albuquerque)

Quando se quiser achar a altura do Sol acima do horizonte, rodar-se-á o instrumento até que a sombra do estilete se projecte sobre a recta **bd**. Então, a sombra do lado **fh**, ou **fe**, no quadrante **ab**, indicará a altura procurada, calculada a partir do ponto **b** na direcção de **a**. A restante parte do quadrante até a será a distância entre o Sol e o Zénite.

A versão rectangular era operada da seguinte forma:

Basta rodar o próprio instrumento até que a sombra da recta **af** se projecte sobre a recta **ak**, pois assim a sombra da recta **ef** indicará o arco da altura do Sol acima do horizonte.

Pedro Nunes descreve a dedução geométrica da utilização do instrumento, baseada nos elementos de Euclides. Não a iremos reproduzir, porém, justifica com clareza a utilização do instrumento para a obtenção da altura do astro.

Ao longo dos textos de Pedro Nunes verificámos que todas as afirmações do matemático são explicadas por deduções. É um traço da obra de Pedro Nunes correspondente com a necessidade que o próprio defendia: o utilizador, da metodologia ou instrumento, devia conhecer e entender as explicações matemáticas.

O autor propôs uma construção alternativa do triângulo rectângulo isósceles. Se os catetos do triângulo tivessem o dobro do comprimento do raio. Dessa forma, o observador media a altura pelo ângulo de intercepção da projecção da sombra do triângulo com o círculo, através da escala implantada no semicírculo **abc**, de 0° a 90° . A duplicação do comprimento dos catetos permitia o aumento da discriminação com que se lia os ângulos, duplicando a escala.

O instrumento jacente no plano aparece ainda descrito na obra com uma utilização em que o plano estaria na vertical, perpendicular ao horizonte e o triângulo paralelo ao horizonte. Procedendo dessa forma o observador passava a ler distâncias zenitais onde previamente lia o valor da altura e vice-versa.

Através da descrição do método de construir e utilizar o instrumento, deduz-se que a correcta leitura das alturas obrigava a um paralelismo do plano do instrumento com o plano do horizonte. Esse desiderato da observação era difícil de alcançar a bordo devido ao balanço dos navios. Manuel Lindo e Pedro Nunes defendiam que o método de determinação da «variação das agulhas» requeria o correcto nivelamento do instrumento. Para conseguir atingir esse requisito recomendavam a suspensão do instrumento através de cordéis.

Manuel Lindo propôs um método para averiguar o nivelamento do instrumento que utiliza a sombra projectada de dois triângulos isósceles. A existência da proposta indica-nos a preocupação do autor com o nivelamento do instrumento para uma correcta leitura da altura do Sol.

Após a leitura de ambos os autores pensamos que o instrumento jacente no plano sendo utilizado em suspensão, como proposto para a lâmina das sombras, resolveria o problema das leituras com balanço.

O instrumento jacente, embora engenhoso, nunca foi utilizado a bordo, desconhecendo-se até ao momento utilização pelos navegadores. Contudo, o instrumento foi referenciado como tendo sido o utilizado por D. João de Castro em 1538. A afirmação pertence ao grande historiador Luís de Albuquerque e tem provocado grande confusão, que convém clarificar.

Pensamos que também a afirmação de D. João de Castro no dia 13 de Abril de 1538 terá ajudado à confusão: «[...] amanhecendo vimos a Palma, que he uma das Ilhas das canaraes, e logo fiz preste a lâmina e estromento de sombras, de que o muito excelente príncipe o Iffamte dom Luis me fez mercê[...]»³. Esta afirmação deixa-nos a ideia que tinha em sua presença dois instrumentos, uma lâmina e um «estromento de sombras». Na nota 18 desta obra Luís de Albuquerque indica claramente que D. João de Castro se estava a referir à lâmina das sombras.

Luís de Albuquerque na sua obra *Instrumentos de Navegação* publicada em 1988, refere-se a oferta a D. João de Castro de dois instrumentos, um deles, a lâmina, servia para determinar a variação da agulha. O segundo, o «estromento de sombras», destinava-se a determinar a altura do Sol. Esta afirmação resultou da indicação presente no roteiro.

O texto da obra *Instrumentos de Navegação* encontra-se publicado também no quarto vo-

³Castro, *Obras Completas*, pp. 127-28.

lume dos *Estudos de História*. Lá aparece a seguinte referência:

Encontramos notícia de uma repetida utilização prática deste instrumento de sombras no *Roteiro de Lisboa a Goa*, de D. João de Castro.⁴

Luís de Albuquerque refere-se ao instrumento jacente no plano que é apresentado por Pedro Nunes na obra *Petri Nonnii Salaciensis Opera*, publicada em 1566.

Num outro texto publicado em 1976, Luís de Albuquerque afirma:

Entre os instrumentos aconselhados por Pedro Nunes para observação de alturas ao sol, conta-se um instrumento a que chamou **instrumento jacente no plano**, e com mais propriedade D. João de Castro, que o usou, veio depois a chamar **instrumento de sombras**⁵. Encontramos notícia de uma repetida utilização prática deste instrumento de sombras no *Roteiro de Lisboa a Goa*, de D. João de Castro. A aparelhagem de que o autor dispunha para essa viagem fora-lhe oferecida pelo infante D. Luís [...] a oferta incluía dois instrumentos de sombras: um deles, de que adiante nos ocuparemos, servia nas operações destinadas a determinar a declinação da agulha de magnética (esta operação exigia, de resto, o conhecimento da altura solar); o segundo era o que acabamos de descrever, e foi com ele que Castro muitas vezes determinou duas alturas ao Sol, para saber «se era verdadeira e punctual a regra que nos deu o doctor Pedro Nunez pera, em toda a ora do dia em que fizer sombra sabermos a leuação do polo» - ou seja, para experimentalmente pôr à prova a regra da «altura do sol a toda a hora», que fora proposta pelo Cosmógrafo mor e, como adiante veremos, se baseava em duas alturas solares extrameridianas. As primeiras operações realizadas por D. João de Castro, sete dias depois de ter largado de Lisboa, deram logo resultados satisfatórios: tomando as alturas de 57° e 61° antes do meio-dia, Castro seguiu sobre um globo ou «poma» as regras de Pedro Nunes, e concluiu que se encontravam em 29° 30' de latitude norte;⁶

No entanto, Luís de Albuquerque contradiz-se num outro texto, escrevendo a seguinte observação:

⁴Albuquerque, «Instrumentos de alturas e a técnica da navegação», p. 82. Publicado em A. Cortesão, *História da Cartografia Portuguesa*, Vol. I, pp. 373 e segs., Coimbra, 1970.

⁵Ibid., p. 83.

⁶ibid., p. 83. Neste texto Luís de Albuquerque refere que D. João de Castro levou dois instrumentos de sombras na sua viagem de Lisboa a Goa, esta informação é incorrecta, no *Roteiro de Lisboa a Goa*, D. João de Castro refere a utilização de só um instrumento aplicado para dois objectivos, recolher a variação angular do azimute do sol.

[...]para a observação da altura do sol também o cosmógrafo-mor propôs que se recorresse a dois instrumentos por si inventados, o anel náutico e um novo instrumento de sombras. (eram, sem dúvida, dois dispositivos engenhosos, mas o astrolábio é mais preciso que o anel náutico, e o instrumento de sombras dificilmente podia dar bons resultados a bordo, em virtude dos balanços do navio; não há notícia de que qualquer deles tenha sido alguma vez experimentado.⁷

Como é possível verificar pelos excertos transcritos atrás, as afirmações de Luís de Albuquerque, são discrepantes e geraram confusão entre vários autores que o têm citado.⁸

O instrumento jacente no plano tem sido confundido com a lâmina das sombras. D. João de Castro refere-se várias vezes ao método de alturas extrameridianas no roteiro. Descreve de forma pormenorizada as suas observações e a marcação dos azimutes e alturas no globo. Com o instrumento jacente no plano seria impossível determinar os azimutes magnéticos do Sol, essenciais para o aplicar o método. Por esse motivo concluímos que: o instrumento efectivamente testado por D. João de Castro na viagem de Lisboa a Goa em 1538 foi a lâmina das sombras.

Luís de Albuquerque indica-nos no quarto volume dos *Estudos de História* a informação de que o instrumento jacente no plano não se difundiu entre os pilotos, mas aparece com algumas alterações cerca de 100 anos mais tarde, no ano de 1676, na obra *Via Astronómica* de António Carvalho da Costa.⁹ O capítulo quarto apresenta o seguinte título: «Como se achará a altura do Sol sobre o horizonte por um estillo levantado perpendicularmente, & pelo astrolábio».

Após análise do método apresentado na *Via Astronómica*, discordamos da opinião apresentada deste ser uma variante do instrumento jacente. A metodologia apresentada relaciona-se com a determinação da altura do Sol através da relação trigonométrica entre a altura do estilete e o comprimento da sua sombra. Este pensamento trigonométrico é antecessor a Pedro Nunes e não tem origem nele. António Carvalho da Costa apresenta dois métodos que convém transcrever.

Primeira metodologia: Levantese hum estillo perpendicularmente, & a prumo no plano

⁷Albuquerque, «Instrumentos de alturas e a técnica da navegação», p. 147.

⁸A título de exemplo, são diversos os trabalhos apresentados no colóquio *Pedro Nunes, Novos Saberes na Rota do Futuro* realizado na Escola Naval no âmbito das Jornadas do Mar 2002 (25 a 29 de Novembro) onde vários autores dos artigos citam a utilização do instrumento jacente no plano por D. João de Castro na sua viagem de Lisboa a Goa em 1538.

⁹Esta informação foi citada no estudo de Nuno Crato publicado na *Gazeta de Matemática*, n.º 143.

Horizontal, o qual repartido em 10, ou em 100 partes iguais, & exposto ao Sol advirtase o comprimento que tem a sombra a respeito do estillo, quero dizer, quantas partes destas 100 contém a sombra, então pela regra de proporçam direi, assim como as partes da sombra, para as partes do estillo, assim o seno todo, ou Radio, para a tangente do ângulo da altura: logo buscando na Taboa das Tangentes, a tangente achada dará o ângulo do arco da altura do Sol.¹⁰

Segunda metodologia: Do mesmo modo acharemos a altura do Sol se o estillo for posto perpendicularmente em qualquer plano vertical, trocando somente o lugar dos termos proporcionais[...]¹¹

Como podemos comprovar pela descrição das metodologias apresentadas, nenhuma se relaciona com o instrumento jacente no plano. A primeira já era conhecida na antiguidade clássica. A segunda, a título de exemplo, aparece descrita no *Almagesto* (Figura 2.3)¹² de Ptolomeu. Seguimos a tradução inglesa onde aparece um capítulo dedicado à «Construction of meridian ring and plaque»¹³. Por estes indícios históricos discordamos da opinião de Luís de Albuquerque de que a *Via Astronómica* ressuscita o instrumento de Pedro Nunes.

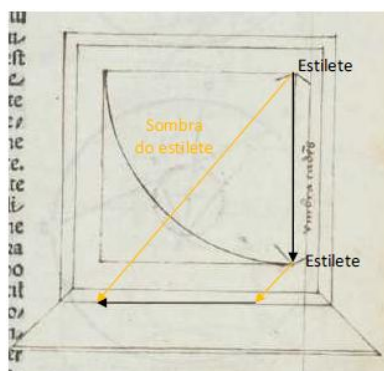


Figura 2.3: Representação de um instrumento com o plano vertical e estilete paralelo ao horizonte

(imagem retirada da obra *Almagestum* de 1515)

¹⁰Costa, *Via Astronomica*, p. 38. Foi consultada a versão digital disponível para consulta no sitio da Biblioteca Nacional de Portugal no endereço: <http://purl.pt/21845> (Acedido em Setembro de 2011).

¹¹Ibid., p. 39.

¹²Ptolemaeus, *Almagestum*, p. 9

¹³Toomer, *Ptolomy's Almagest*, p. 62.

Capítulo 3

Anel Náutico

Na obra *Petri Nonnii Salaciensis*, Nunes propõe um instrumento suspenso para a leitura da altura do sol sobre o horizonte. No texto, o instrumento aparece designado pelo próprio de: anel náutico.

O cosmógrafo começa o capítulo sexto do Livro II por explicar por que motivo os mareantes utilizam os instrumentos suspensos: «servem-se de astrolábios suspensos porque não podem ter no mar um horizonte firme e estável. Os antigos astrónomos, porém, colocavam-nos sobre uma superfície nivelada com o horizonte.»¹. Depois de referir a necessidade dos instrumentos suspensos, justifica: os astrolábios apresentam um desvio na vertical resultado da sua construção. Segundo o autor, o desvio da vertical verificada no astrolábio suspenso devia-se à má distribuição do peso. Esse gerava incorrecções na observação da altura dos astros. Nunes não apresenta uma estimativa dos erros devido a este problema. Porém, através da leitura dos diferentes textos percebemos que Pedro Nunes era um perfeccionista e o mais ínfimo erro não era admissível.

Analisemos a explicação do cosmógrafo para a má distribuição do peso: «pode suceder que a parte da medeclina que tem a posição mais elevada - e por isso é mais pesada, como Jordano demonstrou acerca das balanças - estando aderente ao instrumento, o desvie ligeiramente da vertical». Ou seja, a má distribuição do peso devia-se à presença da medeclina.

Convém referir que os construtores de astrolábios procuraram resolver o problema através da distribuição de peso na parte inferior do instrumento². Como podemos observar na representação do astrolábio náutico presente na figura 3.1, reparamos que na parte inferior do instrumento

¹Nunes, *Obras. De arte atque ratione nauigandi*, p. 356.

²Garcia Franco, *Instrumentos nauticos en el Museo Naval*, p. 64.

existe um raio de forma e dimensão diferente dos outros raios que era ajustado pelo construtor de forma a constituir um contrapeso que mantinha o eixo vertical do instrumento correctamente alinhado com a vertical do lugar³.

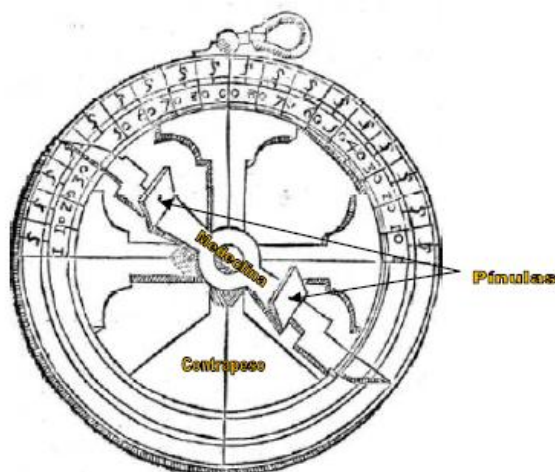


Figura 3.1: Representação de um astrolábio náutico
(imagem retirada da *Instrucion Nauthica* do Diego García de Palacio de 1587)

O anel náutico tinha por objectivo oferecer aos pilotos uma alternativa aos astrolábios. Não possuía alidade ou mediclina, por isso não sofria desvios da vertical devido à má distribuição do peso. O instrumento seria construído a partir de uma «armila circular de metal de secção quadrada», igual aos círculos da esfera armilar, de «largura e espessura iguais a um dedo».

A partir da armila construía-se o instrumento da seguinte forma:

Ao longo da superfície interior, trace-se uma circunferência **abc**, cujo centro se imagine ser **d**. A esta circunferência faça-se corresponder, na superfície curva e exterior, a circunferência **flk**. Nesta, coloque-se o ponto **f** acima de **a**, no prolongamento do diâmetro **ae**. Prenda-se o anel de suspensão, do qual pende o astrolábio [i.e. o anel náutico], no ponto **f** com uma argola. Marque-se então na circunferência **abc** o arco **ag**, metade de um quadrante, e na outra semicircunferência o arco **ab**, igual a ele. Seja **c** o ponto diametralmente oposto ao ponto **b**, e divida-se o semicírculo **bec** em noventa partes iguais, devidamente numeradas, fazendo-se o início da contagem em **b**. Depois retire-se, a meio da sua largura, e em toda a espessura, uma porção na forma do ângulo obtuso **hgk**, abrindo-se no ponto **g** um orifício estreitíssimo que dê entrada aos raios do Sol.

³Vertical do lugar é o correspondente à direcção do fio-de-prumo perpendicular ao plano do horizonte.

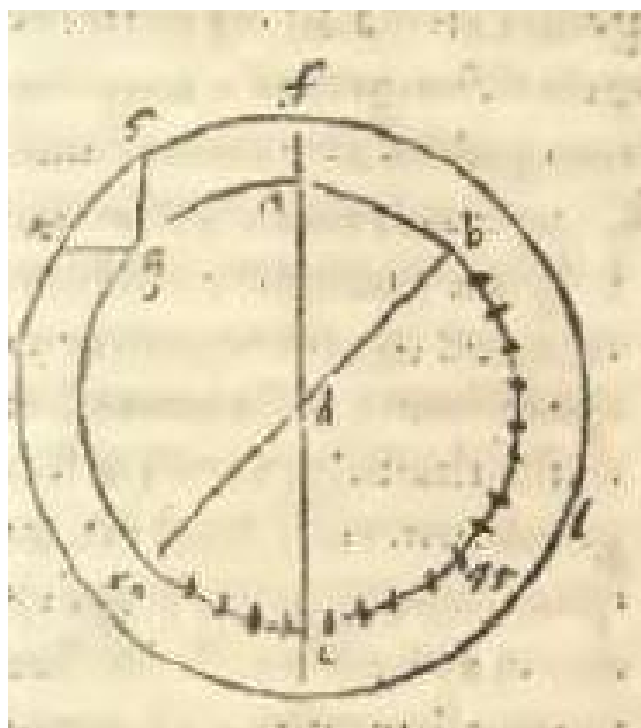


Figura 3.2: Imagem do anel náutico
(presente na obra *Petri Nonnii Salaciensis Opera*)

Pedro Nunes mostra preocupação com o equilíbrio do instrumento. Explica que para o instrumento ficar correctamente compensado, seria necessário remover do lado oposto ao orifício, o peso correspondente ao metal extraído da armila para fazer o orifício de entrada dos raios solares. Caso contrário, o instrumento ficaria descompensado e afastar-se-ia da vertical.

Como características vantajosas do anel, o autor indica-nos a ampliação da escala interior. Esta ampliação tem a seguinte justificação geométrica: para «ângulos iguais, aqueles que têm o vértice na circunferência, subtendem arcos duplos daqueles que têm o vértice no centro da circunferência.»⁴. Desta forma cada grau no interior do anel, com vértice na circunferência (orifício), apresenta o dobro do comprimento do arco do grau, medido por uma alidade com eixo no centro da circunferência.

O modo de operar o instrumento era simples. Resumia-se a suspender o instrumento com o orifício na direcção do Sol. A entrada dos raios solares no instrumento indicava a altura do Sol acima do horizonte. Embora não discutido pelo autor, a eficácia do instrumento dependia da colocação de um orifício de reduzido diâmetro e o raio do anel náutico tinha de ser ajustado de forma que a difusão da luz não fosse exagerada. Actualmente, conhecemos os fenómenos de

⁴Nunes, *Obras. De arte atque ratione navigandi*, p. 358.

difracção da luz que, de certo, influenciariam muito as observações com este instrumento.

[...]se se quiser saber a altura do Sol acima do horizonte, pendure-se o astrolábio [i.e. anel náutico] pelo anel de suspensão, dirigindo para o Sol a parte na qual se encontra o orifício, e imediatamente se mostrará, pelos raios solares, na circunferência bec, a pretendida altura sobre o horizonte.

Não existem relatos da utilização deste instrumento a bordo. Contudo, são várias as referências ao instrumento entre os teóricos. Não podemos deixar de referir: João Baptista de Lavanha, P^e Francisco da Costa, P^e Simão de Oliveira e Manuel Pimentel; e P^e P. Feuillée, P^e Georges Fournier e P^e Claude François Millet Dechales, entre os estrangeiros. São vários os nomes de padres jesuítas, o que indica a grande difusão da obra de Pedro Nunes no interior da Companhia de Jesus. Além dos teóricos, os práticos, como André Garcia Cespedes, que exerceu funções de piloto mayor da Casa de la Contratación de Sevilla e John Davis.

João Baptista Lavanha, no *Tratado del Arte de Navegar*, datado de 1588, apresenta uma representação do anel náutico. No manuscrito não nos é dado a conhecer o autor do instrumento. Porém, após uma breve leitura do texto observamos que é uma clara tradução para castelhano do texto publicado no capítulo sexto da obra *De arte atque ratione nauigandi*, onde aparece descrito o anel náutico.

O *Tratado del Arte de Navegar* resulta dos apontamentos de um aluno da Academia de Matemática de Madrid. Não é estranhar que João Baptista Lavanha na preparação das aulas, que aí leccionou, tenha utilizado como manual o texto de Pedro Nunes.⁵

O P^e Francisco da Costa, fala da «armila náutica» no capítulo VI da *Arte de Navegar*, de 1596⁶. Esse capítulo encontra-se transcrito na íntegra pelo P^e Simão de Oliveira no capítulo III do Livro terceiro da *Arte de Navegar*, composta em 1606.

O P^e Francisco da Costa⁷, no capítulo em que fala da armila náutica não refere o nome de Pedro Nunes. Considera que a armila náutica, um dos «dois instrumentos, os melhores e os mais exactos que até ao presente se tem achado para tomar a altura do Sol, assim na terra como no mar», é entre «os instrumentos que os astrónomos inventaram, assim para tomar a altura do Sol como para outras observações, e pondo os olhos só naqueles que podiam servir no

⁵Canas, «A obra náutica de João Baptista Lavanha (c. 1550-1624)», pp. 163-64.

⁶Albuquerque, *Dois obras inéditas do Padre Francisco da Costa*, p. 6.

⁷Ibid., pp. 132-33.

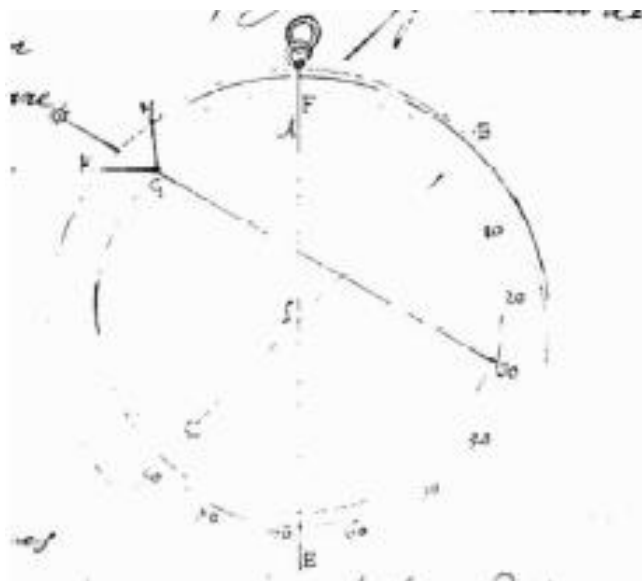


Figura 3.3: Imagem do «anel náutico»

(presente no manuscrito *Tratado del Arte de Navegar* de João Baptista Lavanha)

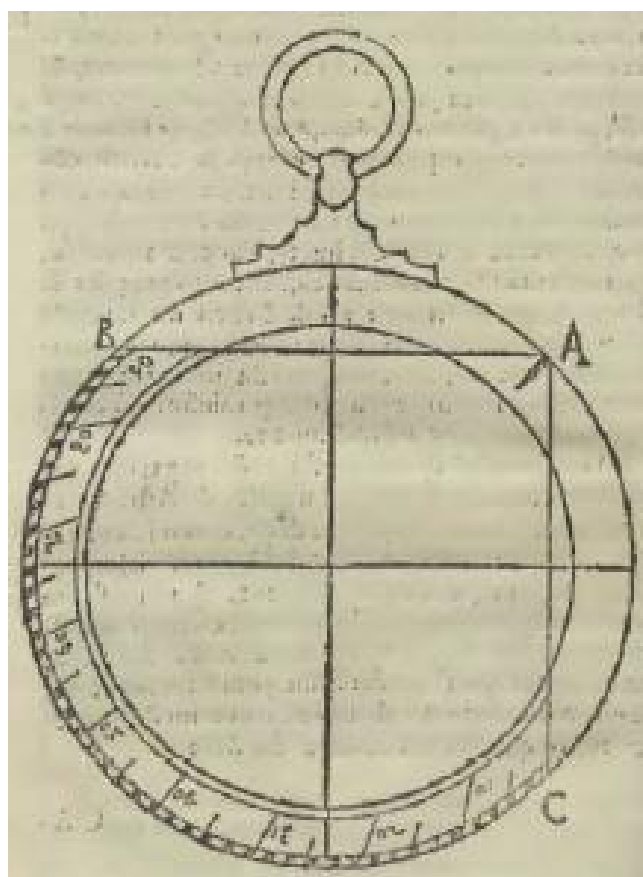


Figura 3.4: Imagem do anel náutico

(presente na *Arte de Navegar* do P^e Simão de Oliveira)

mar, acho que se deve dentre todos o primeiro lugar à armila náutica[...]. Indica ser melhor que o astrolábio por «ter cada grau duaz vezes maior em uma mesma circunferência, e em não ter os embaraços e detenças da dioptra»; de notar que o P^e Francisco da Costa indica exactamente os motivos que levaram Pedro Nunes a sugerir este instrumento, mas Francisco da Costa não descreve a construção do anel náutico. Ele considerava que a ilustração do anel náutico que apresenta na obra seria auto-explicativa da sua construção: «a figura seguinte dá particular razão da sua fábrica, portanto se passa em silêncio». No entanto, após breve análise do desenho, verificamos que a ilustração se apresenta diferente do original: o orifício é na face exterior da armila, quando Pedro Nunes recomenda o orifício interior e o desgaste na face exterior. Outra diferença que deve ser notada é que a figura da *Arte de Navegar* não dá a entender o necessário desgaste do metal na face simétrica ao orifício, segundo Nunes necessária para que o instrumento ficasse correctamente vertical.

O mesmo capítulo da *Arte de Navegar* apresenta uma informação que merece a nossa atenção:

[...][usando dela] como já alguns, assim estrangeiros como naturais, o fazem, e põem-nos nas costas dos astrolábios desocupados;

Esta frase indica-nos que o princípio do anel náutico foi adaptado aos astrolábios. António Estácio dos Reis no artigo *Os instrumentos de medida de Pedro Nunes*⁸, apresenta uma ilustração do astrolábio Atocha v. Esse astrolábio apresenta uma mediclina angular, e uma escala claramente inspirada no anel náutico. Este instrumento e aquilo que nos é indicado pelo P^e Francisco da Costa apresenta claros indícios que o princípio descrito por Pedro Nunes de duplicação da escala foi aproveitado para modificar o astrolábio. O anel náutico ter-se-ia demonstrado ineficiente pelos motivos que já indicamos atrás. Esse facto terá conduzido à adaptação de outros instrumentos. Até ao momento, além da referência em tratados de arte de navegar, não foi encontrado qualquer texto prático que refira a utilização deste instrumento. Em Portugal, no observatório astronómico de Coimbra, encontra-se um astrolábio que apresenta o orifício e escala igual à implantada no Atocha v.⁹

Manuel Pimentel, no capítulo I da segunda parte da sua *Arte de Navegar* dedicou um subcapítulo ao anel náutico que designou: anel graduado.

⁸Reis, «Os instrumentos de medida de Pedro Nunes», p. 30.

⁹Ibid., pp. 33-34.

Refere que o «instrumento foy inventado por Pedro Nunes, insigne Mathematico Portuguez, e he geralmente preferido ao Astrolabio, por não estar sujeito a alguma regra, ou pinulas, que o possaõ tirar do perpendicularo».¹⁰ Como podemos observar pela frase, o instrumento seria geralmente preferido ao astrolábio, mais uma indicação clara à da utilização do instrumento para determinar a altura do Sol. De seguida, Manuel Pimentel descreve a construção do instrumento da mesma forma que é indicada por Pedro Nunes. No final do sub-capítulo indica aquelas que eram as limitações do instrumento «Porêm he necessário que o instrumento seja medíocre; porque se for algum tanto mayor, por mais fútil que seja o buraquinho, o rayo do Sol occupará na circunferencia graduada meyo grao.»

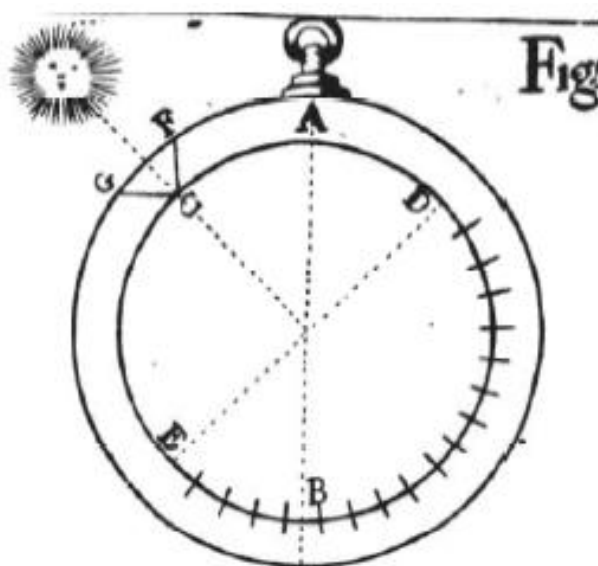


Figura 3.5: Imagem do anel náutico
(presente na *Arte de Navegar* de Manuel Pimentel)

Como podemos observar atrás, são muitos os autores que citam o anel náutico de Pedro Nunes. Este instrumento é um dos exemplos de grande difusão entre autores nacionais e castelhanos. Serviu de inspiração para adaptações no astrolábio com a medícula angular.

Encontrámos referências à utilização do anel náutico em observações astronómicas no século XVIII, efectuadas por Jorge Juan e P^e Louis Feuillée. Como comprovado por Jorge Juan, as características de propagação da luz não permitiam realizar observações com rigor. Pensamos que se alguma vez o instrumento fora utilizado pelos marinheiros, depressa se aperceberam das suas limitações. No entanto, os seus princípios de construção não caíram no esquecimento, pelo

¹⁰Pimentel, *Arte de Navegar*, p. 17.

contrário, difundiram-se pelo mundo científico e náutico. Perduraram e serviram de base para as posteriores adaptações ao astrolábio como demonstrado através do exemplo do Atocha V e foram utilizados em observações astronómicas decorridos praticamente dois séculos sobre a apresentação do instrumento por Pedro Nunes.

António Estácio dos Reis apresenta algumas referências à utilização do anel náutico. A destacar a referência à obra de Salvador Garcia Franco: *Instrumentos Náuticos en el Museo Naval*. Aí o autor refere a utilização do anel náutico até ao século XVIII, nomeadamente por Jorge Juan na expedição ao Brasil.¹¹

Analisámos a informação disponível sobre a expedição, no capítulo I da Parte II da obra *Observaciones astronómicas, y phisicas hechas de orden de S. Mag. en Los Reynos del Perú por D. Juan[...]*, onde são descritas as observações feitas com o «anel astronómico», e o «quarto de circulo». Nesse capítulo, o autor refere que utilizou o anel astronómico que se encontrava em poder de D. Joseph de Herrera. E dá-nos outra informação importante, que o instrumento tinha sido o mesmo utilizado pelo Padre Francês Louis de Feuillée nas suas observações no Perú, Nova Espanha, América Meridional e Índias Ocidentais, nos primeiros anos do século XVIII.

Com esto haviendo salido de Cadiz, y llegando à Cartagena, no encontrando alli à los académicos Franceses, y deseosos de ocuparnos en hacer algunas observaciones, supimos, que en poder de D. Joseph Herrera se hallaban un Annulo Astronómico, y dos Telescópios; siendo el primero, el que havia servido al P. Feuillée en su viagem al Perú, y describe en su tratado sobre el assumpto: solicitamoslos del dueño; que quien haviendolos obtenido [...]¹²

Jorge Juan refere que «el annulo no es instrumento de la precision, que requieren las observaciones astronómicas:», no entanto, resolveu utilizá-lo e concluiu «sin embargo no discordaram mucho las observaciones executadas con èl, de las que se hicieron com el Quarto de circulo[...], indicando claramente que os valores encontrados com o quadrante e anel seriam semelhantes.

¹¹Garcia Franco, *Instrumentos nauticos en el Museo Naval*, pp. 66-69.

¹²Juan, *Observaciones astronomicas, y phisicas hechas de orden de S. Mag. en los reynos del Perú por D. Jorge Juan, comendador de Aliaga en el Orden de S. Juan, Socto correspondiente de la R. Academia de las Ciencias de Paris, y D. Antonio de Ulloa, de la R. Sociedade de Londres, ambos Capitanes de Fragata de la R. Armada de las quales se deduce la figura, y magnitud de la Tierra y se aplica a la navegacion*. pp. 25-27.

Como el P. Feuillée dió la descripción de este próprio instrumento, segun dixe, no creo necessário hacerla yo de nuevo; y mas no siendo muy à propósito para el efecto. Solo me parece conveniente advertir, que su poca justificación llega à tanto, sin embargo de lo que dice el P. Feuillée, que un minuto mas, ò menos de altura no es yerro sensible en èl: la imagen del Sol la representa no mas gruesa, que de dos líneas de diámetro, y por consiguiente una línea vale en el 16 minutos, y un minutos 1/16 de línea; cantidad, que puede muy facilmente dexar de perceber el observador: y assí será bastante justificación juzgar prudentemente la altura del Astro en este Instrumento (no tiniendo mas divisiones, que la de grados enteros) à un minuto de diferencia: agregandose à esto, que dicha imagen està siempre tan confusa, y mal terminada que es de suma dificultad el notar su disco, y juzgar la altura, en que se halla; no obstante en los dias claros, y de buen Sol, que assí los requieres el Instrumento, al instante, que el Planeta havia llegado al Meridiano[...]¹³

Como podemos observar, Jorge Juan faz uma análise crítica e fundamentada ao instrumento. Apresenta as limitações das observações do Sol, calcula que o rigor seria da ordem do meio grau. Consideramos que esta análise é muito importante porque é um relato efectuado em primeira mão, por um utilizador experimentado, e mais importante ainda, um exemplo da utilização prática do instrumento imaginado por Pedro Nunes dois séculos antes.

O P^e Louis Feuillée, descreve o anel astronómico na obra *Journal des Observations Physiques, Mathematiques et Botaniques [...]*¹⁴, embora não refira em momento algum Pedro Nunes.

L' Anneau Astronomique est un instrument assez simple & fort sûr, lorsqu'il est bien en equilibre, & que sa division est exacte; je sis jetter en moule par un habile ouvrier celui qui me servit dans le Observations suivants; le même ouvrier bom tourneur donna à cet anneau la derniere perfection; il en déduisit le poids à trente-deux livres, & son diametre interieur sut déterminé à dis-huit pouces.¹⁵

Depois desta introdução genérica, Feuillée apresenta uma descrição pormenorizada a construção do instrumento, que não iremos transcrever. Verificámos que a descrição é similar à apresentada por Pedro Nunes e autores que se inspiraram na obra dele. A figura 3.6 que apresentamos de seguida, foi retirada da obra do Padre Louis Feuillée e como podemos ver, o anel

¹³Ibid., pp. 25-27.

¹⁴Feuillée, *Journal des observations physiques, mathematiques et botaniques faites par ordre du roi sur les côtes orientales de l' amerique méridionale, & aux indies occidentales...* pp. 181-82.

¹⁵Ibid., pp. 181-82.

astronómico é igual ao anel náutico de Pedro Nunes. Encontra-se suspenso num tripé que garantia maior rigor nas observações. A referir que as observações efectuadas por Feuillée foram realizadas em terra, onde o tripé seria um importante auxiliar, no mar seria problemático de operá-lo devido ao balanço.

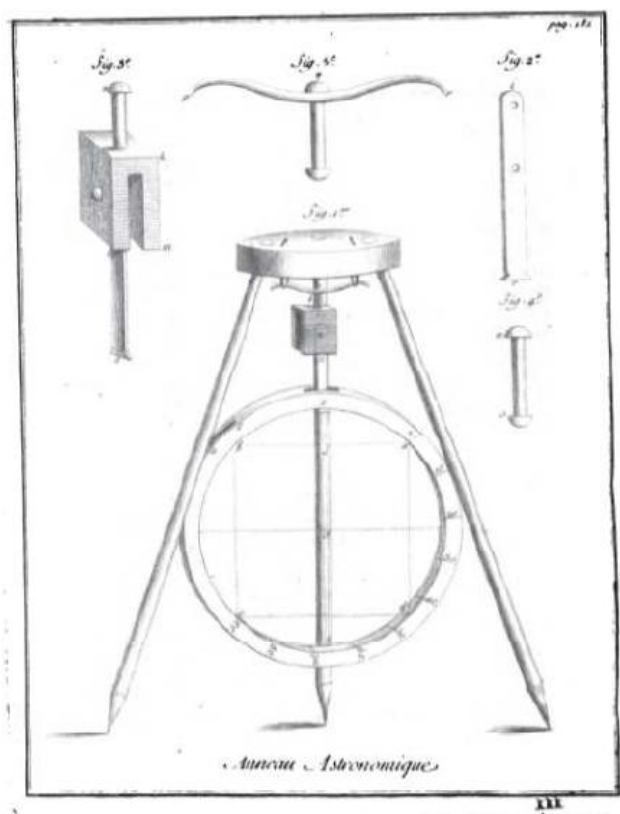


Figura 3.6: Ilustração do anel astronómico utilizado pelo Padre Louis Feuillée

O P^e Louis Feuillée, relativamente às observações feitas em Cartagena em 7 de Abril de 1708 apresenta a seguinte nota, sobre a exactidão do anel astronómico no *remarque sur l'anneau astronomique*¹⁶:

Il n'est pas extraordinaire que j'aye trouvé entre cês deux observations, dont l'une sur faite par l'Anneau Astronomique, & l'autre par le quart de cercle, une difference de 1' minute. Quoique l'Anneau Astronomique que foit un instrument sur, lors qu'il est bien suspendu, & que sa division est exacte, on peut cependant se tromper dans la détermination des bords de l'Image du Soleil qui va se représenter dans sa circonference

¹⁶Feuillée, *Journal des observations physiques, mathématiques et botaniques faites par ordre du roi sur les côtes orientales de l'amerique méridionale, & dans les indies occidentales, depuis l'année 1707 jusques en 1712*, p. 94.

interieure au concave, & donner à la hauteur observée une minute de plus ou de moins, à cause de la difficulté qu'il y a de marquer exactement le point, où la circonference de l'Image du Soleil coupe la ligne du milieu de la circonference interieure de l'Anneau, sur laquelle les degrez sont Marquez. Cette dificulture m'a fait conclure, qu'il valoit beaucoup mieux se servir de la hauteur prise par le quart de cercle, que de celle de l'Anneau.

De seguida apresentamos mais duas referências francesas ao anel náutico. O P^e Claude François Millet Dechaies na obra *L' Art Naviger* datada de 1677, descreve «l'anneau astronomique».

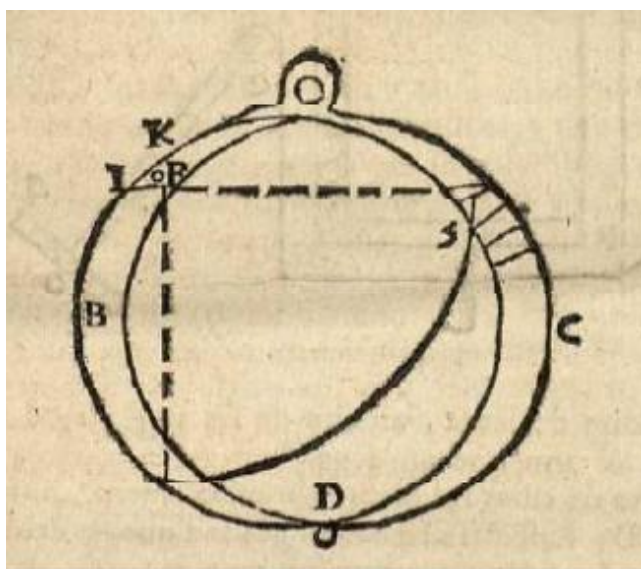


Figura 3.7: Representação do «l' anneau astronomique»

(imagem retirada de *L' Art de Naviger* de Pe Claude François Millet Dechaies)

A descrição apresentada na obra sem indicação do seu inventor é semelhante à de Pedro Nunes. Refere a dimensão ideal do instrumento e a vantagem da ampliação da escala. Vejamos a descrição que é apresentada na obra:

Nous appellons Anneau Astronomique une circonference de cercle, faite en forme d'un Anneau. Il doit estre suspendu librement, de même façon que l' Astrolabe. Il faut luy ajoûter un poids d'une ou deux livres, au point D, asin qu'il soit plus juste, & qu'il garde mieux son Equilibre. Ayant suspendu cet Anneau, on doit faire passer un filet chargé d'un plomb, par le point de sa suspension, & par le point le plus bas. Ou bien si vous aymez mieux, prenés l'Arc OF à peu près de quarent cinq degrez, & faites un petit trou au point F, puis prenant un plomb, tirez une ligne. Travaillés ensu te sur une table, ou sur

un grand papier, sur lequel vous décrirez un cercle é la à vostre anneau: prenant dans ce cercle le point F à discretion, & un Arc égal à OF, vous tirerés une ligne perpendiculaire FS: puis ayant décrit un quart de cercle divise en 90. Parties, vous tirerés des lignes para châque division jusques à ce qu' elles couppent le cercle. Vous transporterez cês divisions sur vostre anneau, de forte que s' il estoit asses grand, comme de deux pieds, vous pourriez sous-diviser les degrez en minutes.

L'Anneau Astronomique ne peut servir que pour le Solei; mais il a cetre commodité, qu'on n'a besoin que d'une observation; sans estre obligé de baisser, ou de hausser la regle : & de plus, ses degrez sont plus grands que dans l'Astrolabe.¹⁷

O autor vai mais longe indicando outro instrumento que seria vantajoso como substituto do anel náutico. Trata-se o «Quarré Geometrique» e indica qual motivo porque o considera vantajoso: «Estant asses difficile de rencontrer des ouvriers, qui puissent faire un cercle de cuivre, ou un anneau Astronomique; & d' ailleurs les dépenses estant trop confiderables, pour les Pilotes j'ay creu qu'un simple quarré de bois composé seulement de quatre lîteux, ou de quatre regles, pourroit avoir le mesme avantage.».¹⁸ O Autor faz uma descrição muito completa da construção do instrumento. Este instrumento apresenta muitas semelhanças ao que é descrito na obra *Quadratum Geometricum*¹⁹ de Georg Von Peurbach, publicada em latim, na cidade de Nuremberga, em 1516.

Analisemos agora a obra do P^e Georges Fournier. Também ele pertenceu à sociedade de Jesus. Escreveu a obra *Hydrographie*²⁰ em 1643 onde refere o anel náutico com o nome «l' anneau gradué» não identificando o inventor. Indica que o anel graduado é melhor instrumento que o astrolábio porque não tem régua ou mediclina e a sua escala encontra-se ampliada, exactamente as duas mesmas justificações que são referidas por Pedro Nunes e por todos os autores com obras publicadas em datas posteriores.

¹⁷Dechales, *L'art de naviger : démontré par principes & confirmé par plusieurs observations tirées de l'experience* / par le R. P. Claude François Millet Dechales, p. 57.

¹⁸Ibid., p. 57.

¹⁹Peurbach, *Quadratu[m] geometricu[m] / praeclarissimi Georgii Burbachii*. Disponível para consulta em formato digital no sítio do Swiss Federal Institute of Technology Zurich - <http://dx.doi.org/10.3931/e-rara-2022> (Acedido em Abril de 2012).

²⁰Fournier, *Hydrographie contenant la théorie et la pratique de toutes les parties de la navigation*, pp. 491-92. Foi consultada a versão digital disponível para consulta no sítio da Biblioteca Virtual del Patrimonio Bibliográfico no endereço: <http://bvpb.mcu.es/es/estaticos/contenido.cmd?pagina=estaticos/presentacion> (acedido em Setembro de 2011).

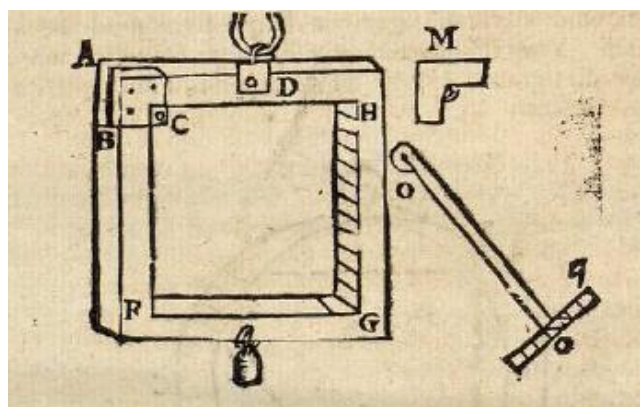


Figura 3.8: Representação do «Quarré Geometrique»

(imagem retirada de *L' Art de Naviger* de P^e Claude François Millet Dechaies)

Pout moy i'estime que cet Anneau est encores plus commode sur Mer que l' Astrolabe. Premièrement, à cause qu'il n'est suiet à aucune regle ny pinules, ny aux inconueniens qui en arriuent. Secondement, les degrez y sont d'une moitié plus grands qu'en un Astrolabe de pareille grandeur.²¹

André Garcia de Céspedes²² foi cosmógrafo maior em Sevilla, nomeado por falecimento de Pedro Ambrosio de Onderiz²³, editou um *Regimento de Navegación*, no ano de 1606, com forte influência de Pedro Nunes. Este cosmógrafo castelhano contactou com a obra de Pedro Nunes possivelmente durante a sua estada em Portugal entre 1583 e 1593.²⁴

O capítulo XXVIII do *Regimento de Navegación*²⁵ «trata de otro instrumento armilar, con que se puede tomar la altura del Sol en la mar». Nesse capítulo, o autor refere a origem do instrumento em Pedro Nunes.

El mesmo Pedro Nuñez enseña outro instrumento, con que se toma la altura de lo Sol bien precisa.

²¹Ibid., pp. 491-92.

²²Bruno Almeida, no estudo apresentado atrás, refere que a obra de Andrés Garcia de Céspedes foi o mais influente tratado de navegação publicado em Espanha no século XVII. Um exemplo da difusão da obra de Pedro Nunes, pelos principais centros de estudo da cosmografia na Península Ibérica.

²³Fernandez de Navarrete, *Biblioteca marítima española*, pp. 79-81.

²⁴Almeida, «Pedro Nunes and seamen: a study in the transmission of scientific knowledge», p. 356.

²⁵Garcia de Céspedes, *Regimento de Navegación*, p. 70.

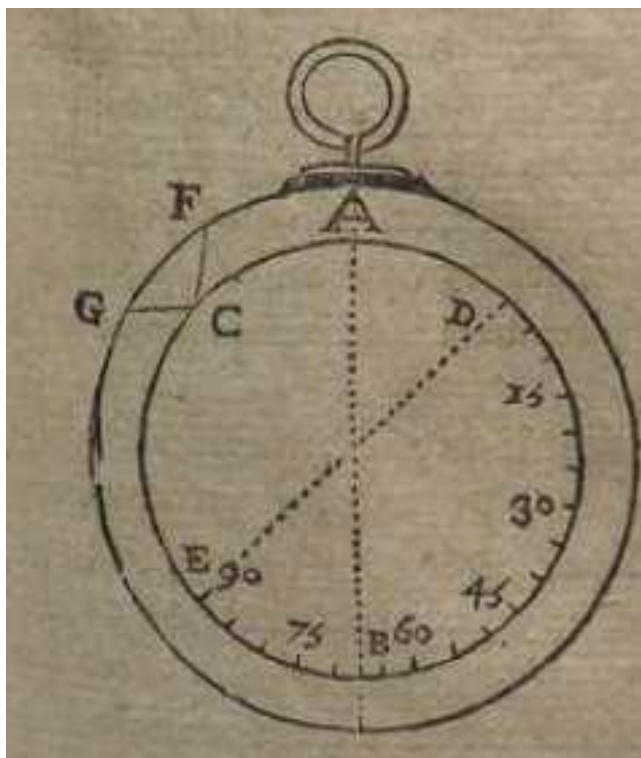


Figura 3.9: Representação do «l' anneau gradué»
(imagem retirada de Hydrographie de Pe Georges Fournier)

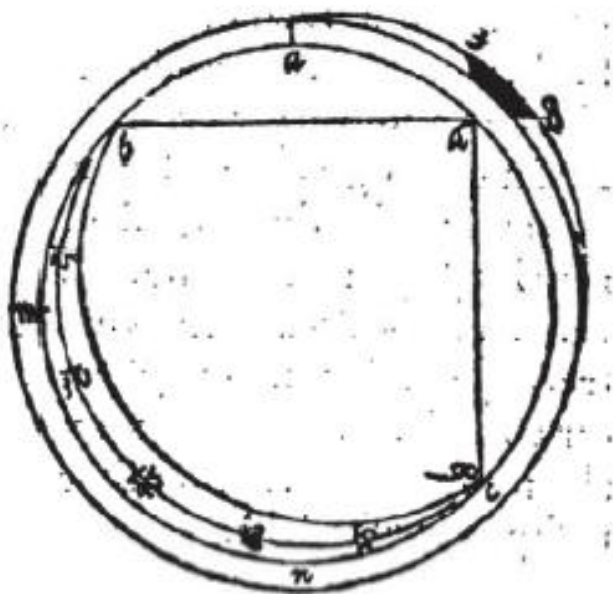


Figura 3.10: Imagem do anel náutico
(imagem retirada do *Regimento de Navegación* de Andrés Garcia de Céspedes)

Entre os autores estrangeiros temos o anel náutico referido na obra *Seaman's Secrets*²⁶ de

²⁶Davis, «The Seaman's Secrets».

John Davis.

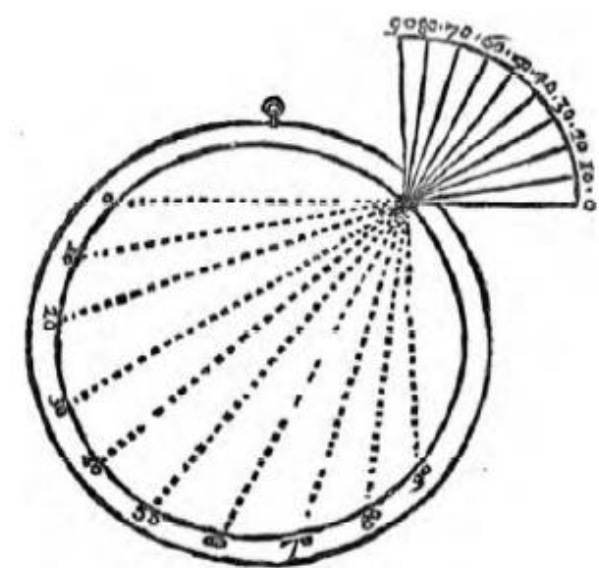


Figura 3.11: Representação do «anel náutico»
(imagem retirada da obra *Seaman's Secrets* de John Davis)

Capítulo 4

Nónio

De acordo com David Waters¹ o inventor do nóio foi Pedro Nunes, referindo-se à descrição do nóio em 1542. No mesmo texto refere que «it is quite certain that the ordinary navigator never used a nonius». Entre os assuntos que tentaremos abordar neste capítulo vamos procurar referências às utilizações do nóio entre os mareantes e vamos descrever este instrumento tentando perceber que mais-valia o mesmo representaria.

O nóio de Pedro Nunes apareceu pela primeira vez descrito no *De crepusculis*. O instrumento apresentava uma solução brilhante para um problema corrente - como aumentar a exactidão das observações astronómicas?

Pedro Nunes foi incansável na procura de soluções que permitissem aumentar o rigor das observações: o seu espírito matemático não admitia o erro nem a acumulação dos erros nas observações. Por outro lado, o carácter prático dos pilotos admitia medições aproximadas ao verdadeiro valor para estimar a sua posição.

Pedro Nunes, no início da proposição III da segunda parte da obra, indica qual o objectivo que pretende atingir com o nóio - «Construir um instrumento que seja apropriado às observações dos astros, e com o qual se possam determinar rigorosamente as respectivas alturas».

O Cosmógrafo imaginou o nóio aplicado ao astrolábio. Curiosamente, o nóio nos autores que o citaram encontra-se aplicado em quadrantes. Explicar-se-á este facto pelo astrolábio não ter espaço disponível para implantação da escala.

A inspiração para a invenção do nóio, segundo indicado por Pedro Nunes², veio-lhe de Cláudio Ptolomeu. O astrónomo da antiguidade no *Almagesto* descreve como deduziu através

¹Waters, *The art of navigation in England in Elizabethan and early Stuart times*, p. 304.

²Nunes, *Obras. De arte atque ratione navigandi*, p. 360.

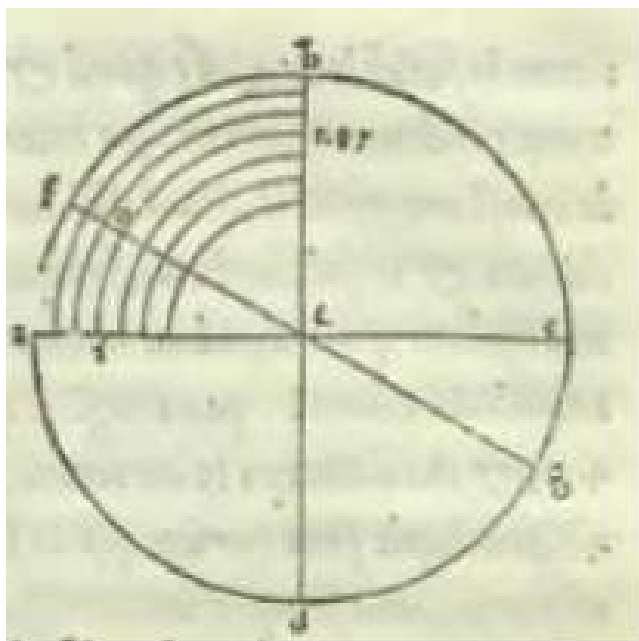


Figura 4.1: Imagem do nónio
(imagem retirada da edição *De Crepusculis* de 1541)

das suas observações a relação de entre o arco dos solestícios, de 11 partes, e o meridiano de 83.³

[...]não sendo possível medir as alturas para além dos valores inteiros de grau. Portanto, será útil traçar quarenta e quatro escalas no corpo do instrumento, todas com o mesmo centro. Divida-se o quadrante da escala de fora em 90 partes iguais. A mais próxima desta em 89, e a que se segue em 88, e assim sucessivamente a partir daqui, tal como ensinámos no livro Sobre os crepúsculos. Julgo também que foi assim que Cláudio Ptolomeu procedeu. Com efeito, diz que, se encontrou a declinação máxima do Sol de $23^{\circ} 51' 20''$, foi porque descobriu que a proporção do círculo inteiro para o arco entre os trópicos era de 83 para 11. Por conseguinte, é evidente que uma das escalas traçadas no instrumento foi dividida em 83 partes iguais, das quais o arco entre os trópicos continha 44 partes. Isto porque as dimensões do instrumento de que Ptolomeu se servia não seriam tão grandes que nele se pudesse marcar minutos e segundos.

O cosmógrafo indica o método de construção do instrumento da seguinte forma:

Seja, por exemplo, abcd a superfície plana e circular de um astrolábio assim construído,

³Toomer, *Ptolomy's Almagest*, p. 63. Seguimos a tradução do *Almagest* onde é possível observar a informação dada por Pedro Nunes.

dividida em quadrantes pelos diâmetros ac, bd, e cujo centro seja o ponto e. Com centro neste ponto, dentro desta circunferência, descrevam-se com quaisquer intervalos (não importa se iguais ou desiguais) 44 quadrantes de círculos uns dentro dos outros. Divida-se em 90 partes iguais o quadrante exterior ab, e o interior que se lhe segue em 89 partes, também iguais; o imediato a este em 88, o que se lhe sucede em 87, e assim sucessivamente até se atingir o último e mais pequeno dos quadrantes interiores, o qual se dividirá em 46 partes iguais. Em cada um dos quadrantes, marquem-se as partes de 10 em 10 com traços muito finos, que saiam um pouco para fora da circunferência, porque se o astrolábio não for de grande tamanho e se as partes de 5 em 5 ou de 10 em 10 se distinguirem [apenas] pelos números, dada a exiguidade dos intervalos, haverá grande confusão. O número das partes de cada quadrante inscrever-se-á num dos extremos, junto do semidiâmetro. Se a numeração for de a para b escreva-se, com os algarismos usuais, o número 90 sobre o ponto b e, seguindo de cima para baixo o diâmetro eb, ponham-se os restantes números nos seus devidos lugares. Deste modo, portanto, o número de 90 graus, considerado próprio de cada quadrante, mesmo interior, se, por hipótese, for dividido em menor número de partes, terá de facto toda a parte alíquota, a qual se designará por um número menor que 90, isto é, metade do todo, terça, quarta, quinta, sexta, sétima, oitava, nona, décima, undécima, duodécima e as demais, uma a uma, até à nonagésima, que o quadrante exterior efectivamente tem. Com efeito, ninguém pode negar que, indo das partes mais pequenas para as maiores até à quadragésima sexta, ele tem asseguíntes partes alíquotas: nonagésima, octogésima nona, octogésima oitava, etc.; e que tem outras, expressas pelos números que vão de 1 a 46, também facilmente se poderá ver do facto de que quem divide um número por outro o divide também pela metade, pelo quarto, e pelos restantes submúltiplos que o divisor tem, assim como aquele que divide em 90, divide em 45, o que divide em 88 divide em 44, e assim por diante. Cada um dos números que vão de 23 a 45 é metade dos que na série dos números se dispõem de 46 a 90, sempre com um de permeio, e estes também são múltiplos de outros menores, e assim nos restantes uns estão para os outros do mesmo modo até à unidade. Por consequência, o número de 90 graus, que imaginamos existir em cada quadrante, tem pelas referidas divisões todas as partes alíquotas, desde a metade à nonagésima.⁴

A solução é muito engenhosa e baseia-se num princípio muito simples: quando o observador visasse um astro para obter o seu ângulo vertical, a «medecina» teria uma grande probabilidade

⁴Nunes, *Obras. De crepusculis*, p. 183.

de cruzar um dos traços das escalas interiores (valores inteiros). O observador podia desta forma encontrar o valor exacto da observação sem ter de estimar um valor intermédio.

Levantaremos o astrolábio acima dos olhos, por forma que fique suspenso livremente da argola fixada no ponto b, e dirigiremos a parte ab para a estrela, andando levemente com a medeclina para cima e para baixo até a enfiarmos com a vista através dos dois orifícios. Porém, como rara será a vez em que a medeclina se sobrepõe aos ditos quadrantes sem cortar algum deles segundo o traço de uma divisão, tomaremos nota do número das partes inteiras, que a posição cortada tem, e do número em que todo o quadrante estiver dividido, e pela sabida regra dos números proporcionais converteremos estas partes em nonagésimas partes do quadrante, as quais vulgarmente se chamam graus[...]⁵

O cosmógrafo vai mais longe indicando como se pode encontrar o valor exacto de graus correspondentes a um dos traços da escala interior.

Multiplicaremos o número delas por 90, dividiremos o produto pelo número das partes de todo o quadrante, e desta divisão resultará o número de graus que as ditas partes têm. Se houver resto da divisão, como muitas vezes acontece, multiplicá-lo-emos por 60, e dividiremos o produto pelo dito número das partes de todo o quadrante, divisor constante, e virão os primeiros minutos. A seguir, multiplicaremos o resto dessa divisão por 60, e dividiremos o produto pelo divisor constante, e virão os segundos minutos, e assim sucessivamente até não haver resto da divisão, ou até que ele se possa desprezar por exíguo.⁶

Pedro Nunes explica depois a utilização do instrumento com um exemplo prático que se resume da seguinte forma:

Suponha que observamos um astro com a seguinte altura 39° 07' 50". Um observador que utilizasse um astrolábio náutico convencional teria de estimar visualmente os minutos de grau, porque a «medeclina» indicaria um valor entre 39° e 40°. No entanto utilizando o nónio, a «medeclina» na graduação correspondente a 69 divisões apresentaria um valor exacto de 30. Esse valor exacto é multiplicado pelo número de graus correspondentes a cada uma das divisões, através do resto da divisão chegaria aos minutos e segundos, ou seja:

(30 multiplicado por 90) dividir por 69 = 39°07'50"

⁵Nunes, *Obras. De crepusculis*, p. 185.

⁶Ibid., p. 185.

Generalizando:

(**A** multiplicado por 90) dividir por **B** = altura do astro

em que **A** é o valor inteiro e **B** o número de divisões do arco do quadrante.

Através da descrição que é apresentada sobre a utilização do instrumento, observámos que a determinação do valor da altura obrigava o observador a realizar vários cálculos aritméticos, operações complexas para os pilotos, essencialmente práticos. Não poderemos esquecer que no século XVI os pilotos achavam a latitude do navio observando o sol na passagem meridiana, utilizando um cálculo simples que entrava com o valor tabelado da declinação e com a distância zenital lida directamente do instrumento. Enfim, um cálculo directo não oferecia a complexidade proposta por Pedro Nunes.

Pedro Nunes era um homem teórico, identificava problemas e procurava soluções, o seu esforço terminava normalmente na explicação. A implementação das soluções e assimilação das metodologias entres os práticos ficaria guardada para mentes menores.

Dediquemo-nos a uma breve reflexão no âmbito dos padrões actuais de exactidão e rigor, o que iremos falar de seguida não terá sido uma preocupação de Pedro Nunes, nem dos autores seus contemporâneos.

A eficiência do nónio, enquanto método geométrico de subdivisão da escala principal, deve ser analisada somente no âmbito académico para ficarmos com a ideia do valor angular mínimo entre cada um dos valores inteiros das escalas do nónio. O cálculo do valor angular exacto de cada valor inteiro do nónio é um processo fácil de realizar, recorrendo aos processos computacionais dos nossos dias. No século XVI seria um processo moroso que obrigava ao cálculo do valor exacto de cada um dos 3 105 valores exactos. Era um processo melhor do que a estimação visual dos minutos, e isso chegaria para Pedro Nunes.

António Estácio dos Reis, no seu estudo *O único exemplar vivo do nónio de Pedro Nunes?*⁷ apresenta um cálculo de distribuição linear da quantidade de minutos compreendidos entre o grau 1 e o grau 89 do quadrante, pela quantidade de valores inteiros das 45 escalas do nónio, tendo chegado a uma separação entre escalas de 2,13 minutos de arco. No entanto o nónio não apresenta uma divisão linear das diferenças entre os valores inteiros de cada uma das escalas, resultando em irregularidades como demonstrado por Jean Widemann⁸, com vazios de 15, 20 e 30 minutos de arco, muito superior ao que se conseguiria estimar visualmente.

⁷Reis, *O único exemplar vivo do nónio de Pedro Nunes?*, pp. 12-13.

⁸Ibid., pp. 24.

Nunes era um teórico, e foi no campo da abstracção teórica que imaginou o nónio. Contudo, duvidamos da exequabilidade da construção do instrumento. A divisão das escalas seria um problema prático de difícil resolução com a tecnologia disponível no século XVI, ao qual Pedro Nunes se manteria alheio. Neste como noutros exemplos já citados, o matemático não tinha preocupação sobre a aplicação prática da solução.

Existem breves referências às divisões dos quadrantes dos astrolábios. Martin Cortes no capítulo VII «D'la fabrica y uso del astrolábio com ñ los marineros toman las alturas d'l sol», da terceira parte da sua *Arte de Navegar*, descreve a divisão da escala angular da seguinte forma:

[...] El hilo pasare por el cetro d'l astrolábio estará bueno: [?] si el hilo se apartae del cetro hazia vno d' los lados / a ñl tal lado estará mas grueso / o pesara mas ñ el otro y: auresa de ad'lgazar hasta ñ el hilo pase justo por el centro : hecho esto se ha d' hazer vn circulo sobre el dicho centro ñ sea un poco mas a dētro de la circunferēcia d'l astrolábio : y luego se há d' lleuar vn diámetro d'sde el centro d'l agujero en ñ esta el asa / al cetro d'l astrolábio / atrauesado todo el circulo : y llamarse ha línea d'l zenit : la ñl se ha d' cortar com outro diámetro sobre el cetro / haziēdo conella āgulos rectos / y llamar se há este diámetro línea d'l orizōte : estos dos diámetros dividiran el circulo ē quatro partes yguales : d'spues haremos outro circulo tāto mas adentro del segundo ñ entre las circūferēcias quepā los números d'los grados : despues reparte la vna parte superior y siniestra (estādo el astrolabio colgado d'l asa cōtratti) pžmeramēte ē tres partes yguales / y tēdra cada parte treynta grados : y cada parte destas repartiras en otras tres partes yguales / y ternā a diez grados : y cada vna desta 5 partes ē dos partes / y ternan a cada cinco grados : d'spues pondra vna regla sobre el centro d'l astrolábio aplicando la a cada vn punto ñ diuiden las dichas partes / y echaras vnās líneas ñ pasan d'la circūferencia d'l primer circulo ala circūferencia menor : y escriuiras en los espacios del circulo menor los números d'los grados / comēçando en la línea del orizōte : y en añl espacio poruas cinco y eñl outro diez [?] c . hasta que los nouenta grados terminē en la línea d'l zenit.⁹ Despues los espacios de entre el primero y secundo circulo repartiras cada espacio ē cinco ñ serā los nouēta grados.¹⁰

⁹Cortes, *Breue compendio de la sphaera y de la arte de nauegar: con nueunos instrumentos y reglas, exemplificado comn muy subtiles demonstraciones*, fol. lxxvi.

¹⁰Ibid., fol. lxxvi.

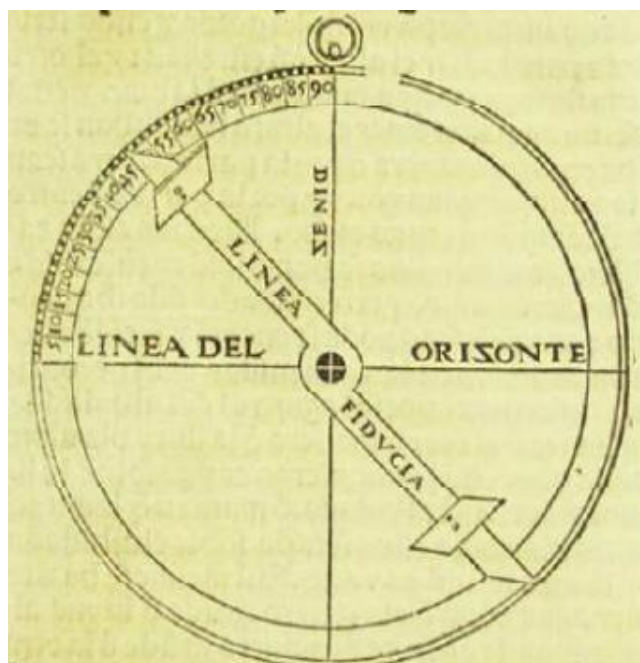


Figura 4.2: Ilustração do astrolábio descrito por Martin Cortes na *Arte de Navegar*.

A descrição feita por Martin Cortes mostra que a construção da escala era feita por trissecção e bissecção dos arcos. O seu discurso leva-nos a concluir que, a divisão dos intervalos correspondentes aos arcos de 5 graus: eram divididos por distribuição do comprimento de arco disponível por cinco intervalos iguais.

Em 1606, Simão de Oliveira, no livro terceiro do seu tratado de *Arte de Navegar*¹¹, apresenta a construção do astrolábio através da divisão dos ângulos, uma solução geométrica - bissecção e trissecção do ângulo.

Fundido por bom oficial ou pelo próprio navegante e curioso, se tanto seu engenho alcançar, o astrolábio de latão pelo modo ordinário da grandeza que a cada um mais contentar (o qual tanto será melhor quando maior for) e torneado muito bem, de maneira que fique por todas as partes o mais igual e uniforme que puder ser, lance-se em papel uma linha do comprimento do seu diâmetro, a qual dividida pelo meio descreverá o ponto de divisão pelos dois pontos extremos da linha um círculo que representa a circunferência do astrolábio, o qual se dividirá em quatro quadrantes com outra linha diametral, que com a primeira se cruzará a ângulos rectos no centro, e dele se descreverá outro círculo junto ao primeiro pela parte de dentro, e por junto deste se descreverá na metade superior

¹¹Oliveira, *Arte de Navegar*.

dois semicírculos que com o segundo círculo inteiro farão dois intervalos, um mais estreito que o outro, mas que compreenderá ambos a largura do albitio ou limbo do astrolábio, no primeiro ficarão os graus de hum em um, e no segundo de 5 em 5 e dez em dez.

Descrito o astrolábio resta dividi-lo, a qual divisão se fará desta maneira. Divide-se cada quadrante superior em 3 partes iguais, cada uma das quais se repartirá em outras 3, e serão 9 e destas cada uma pelo meio sairão 18 que divididas cada uma em 5 ficará o quadrante dividido em 90 e cada uma das quais e ao centro do círculo ajuntando uma regra [régua] se tirarão por elas linhas pequenas, lançando as que se tirarem de 10 em 10 graus, por ambos os intervalos e as de 5 em 5 por um intervalo e parte do outro e as de um em um por um intervalo só, fazendo um grau branco e outro preto, aos quais se lhe porão os números de 10 em 10 começando os dez do ponto A e acabando em C e D onde se porão 90.

Descrito e dividido o astrolábio em papel passar-se-ão ao astrolábio de latão assim os círculos como as linhas em a mesma distância, divisão e número que tiveram no papel, descrevendo os círculos com um compasso de pontas de aço e as linhas com uma ponta do mesmo, para que corte o latão divisando os graus com umas riscas pequenas, assim como em papel se usa fazer um em branco e outro em preto.¹²

A descrição de Simão de Oliveira indica-nos que o instrumento era primeiro desenhado e dividido numa folha de papel, de acordo com a dimensão pretendida. Após conclusão do desenho, este era transferido para o círculo de latão, sendo implantada a escala no latão com recurso a um compasso de pontas de aço. A descrição do processo deixa-nos antever alguns erros de construção: primeiro, o desenho no papel e a passagem do desenho para o latão levava à acumulação de erros; segundo, a largura do traço, a utilização de um compasso com pontas de aço obrigava à marcação de um traço com alguns minutos de arco. A título de exemplo, calculando o comprimento de 10 minutos de arco num quadrante com um raio de 25 cm, chegamos à conclusão que corresponde a menos de 1 milímetro:

Perímetro de um quarto do círculo - **(P)** $P = (\pi/2) * 25cm = 39,25cm$

Desta dimensão ficamos a saber qual a dimensão do arco ocupado pelos 10' no quadrante:

$$10' Arc = (39,25cm)/(90 * 6) = 0,7mm$$

O problema da divisão das escalas circulares só seria ultrapassado no século XVIII com a utilização de máquinas de gravação de escalas: o assunto foge ao tema da tese, no entanto,

¹²Oliveira, *Arte de Navegar*, pp. 54-55.

recomenda-se a leitura do artigo de António Estácio dos Reis que apresenta um estudo sobre a evolução dos processos de marcação das escalas circulares.¹³

Desconhece-se se foi construído algum nónio em Portugal, ou se o espólio perdido de Nunes apresentava algum instrumento desta natureza. Os exemplares deste instrumento são muito raros, facto que prova a dificuldade da sua manufactura. António Estácio dos Reis apresentou um nónio do final do século XVI, que se encontra guardado no Museu de História da Ciência de Florença, um precioso contributo para a historiografia noniana¹⁴. O nónio referido atrás foi construído por James Kynuyn, um construtor de instrumentos inglês, em 1595, alguns anos após a publicação do nónio no *De Crepusculis*. O curto espaçamento temporal é um exemplo da difusão da obra de Pedro Nunes. António Estácio dos Reis pôde apurar que o instrumento pertenceu a Robert Dudley que na sua obra *Dell' Arcano del Mare*¹⁵ apresenta uma ilustração do instrumento guardado no museu de Florença (Figura 4.3).

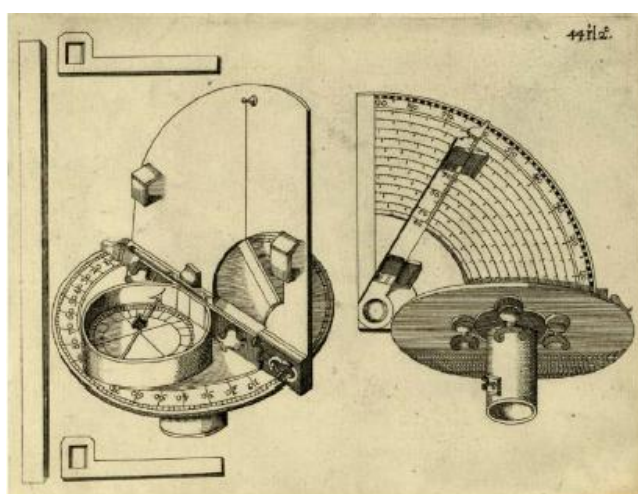


Figura 4.3: Ilustração existente no *Dell' Arcano dell Mare* do quadrante construído por James Kynuyn dotado de nónio.

O nónio de Pedro Nunes, sendo como vimos atrás, de difícil construção teve seguidores. Em Portugal, temos o exemplo de João Baptista Lavanha e o P^e Francisco da Costa, no estrangeiro, o astrónomo Tycho Brahe. No âmbito dos estudos astronómicos, o nónio representava uma grande melhoria, era um método mais rigoroso do que os tradicionalmente aplicados à

¹³Reis, *O único exemplar vivo do nónio de Pedro Nunes?*, pp. 7-11.

¹⁴Ibid., pp. 21-22.

¹⁵Dudley, *Dell'arcano del mare*. A obra está disponível em formato digital no sítio: www.doria.fi/handle/10024/59106(acedido Julho de 2011).

navegação.

O *Tratado del Arte de Navegar* de João Baptista Lavanha, do ano de 1588, é uma fonte manuscrita que se conserva na Biblioteca da Universidade de Salamanca. O nónio encontra-se lá representado e descrito. Embora no texto não seja identificado o autor do instrumento, verifica-se claramente a sua inspiração noniana. No mesmo texto apresenta-se o anel náutico, dois exemplos de difusão da obra de Pedro Nunes, através das aulas teóricas apoiadas pelo manuscrito.

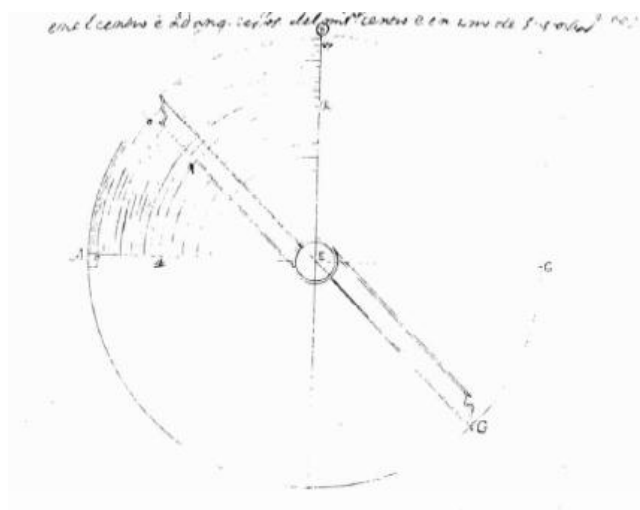


Figura 4.4: Representação do nónio

(imagem retirada do *Tratado del Arte de Navegar* de João Baptista Lavanha)

O Padre Francisco da Costa no capítulo VI da sua *Arte de Navegar*¹⁶, apresenta o nónio aplicado a um quadrante tradicional, num conjunto que ele designa de «quadrante dos quadrantes». Este instrumento junto com a «armila náutica», seriam, de acordo com o autor, «os melhores e os mais exactos que até o presente se tem achado para tomar a altura do sol, assim em terra como no mar»¹⁷. O P^e Francisco da Costa não apresenta o autor do instrumento. Ao longo da obra são várias as referências aos trabalhos de Pedro Nunes, e o «quadrante dos quadrantes» inspira-se claramente no nónio presente no *De Crepusculis*, como demonstrado por Luís de Albuquerque¹⁸. A descrição que o P^e Francisco da Costa faz do instrumento é cópia de Nunes. Após a descrição, é de referir que a exemplificação do cálculo dos valores nas escalas intermédias se encontra ausente. Na mesma obra, no seu capítulo VII, o P^e Francisco da Costa

¹⁶Albuquerque, *Duas obras inéditas do Padre Francisco da Costa*.

¹⁷Ibid., pp. 132-36.

¹⁸Ibid., p. 61.

apresenta um método¹⁹ que tinha o mesmo objectivo do nónio. Utilizando a escala do astrolábio e um compasso, o observador conseguiria determinar o excesso de minutos e segundos numa leitura. Não foram encontradas referências que o método alguma vez tenha sido experimentado no mar.

Ambos os autores portugueses nas obras citadas atrás, tinham objectivos didácticos. Claramente, escreveram as obras para um público-alvo, com domínio sobre a geometria e aritmética. Estamos certos que os pilotos não seriam os destinatários das obras, assim se justificando que ambos os autores apresentem instrumentos e métodos com pouca aplicação prática. Devemos salientar que João Baptista, Lavanha no seu *Regimento Náutico*, uma obra claramente dedicada aos pilotos, não refere o nónio.

Vejamos agora o caso de Tycho Brahe. Foi um astrónomo que dedicou a sua vida a efectuar observações precisas dos astros. As suas observações e o produto do seu trabalho permitiram a Kepler descrever a teoria que fundamenta os movimentos planetários²⁰. Na sua *Astronomiae instauratae Mechanica*²¹, datada de 1602, apresenta o método de construção dos diversos instrumentos que utiliza nas observações astronómicas, entre os quais figura um «quadrans minor», que apresenta o nónio de Nunes. Brahe redige a «explicatio fabricae et usus» do quadrante, descreve o processo de divisão das diversas escalas e indica claramente o autor «[...]Petrus Nonnius Hispanus mathematicus clarissimus in erudito suo libello de crepusculis[...]»²². É importante referir que os quadrantes construídos e utilizados pelo astrónomo eram de raio muito superior, em comparação com os normalmente utilizados na navegação, facto que facilitava a divisão das escalas e melhoravam o rigor das observações.

No caso de Tycho Brahe, os instrumentos destinavam-se a observações rigorosas no âmbito da astronomia, num observatório astronómico sem as limitações criadas pelo balanço dos navios. Nesse ambiente o nónio terá sido um auxiliar importante, facto que justifica a atenção de Brahe e os rasgados elogios que faz a Pedro Nunes.

Por último vamos apresentar as referências ao nónio na obra de Andrés Garcia de Céspedes, o *Regimiento de Navegacion* de 1606, cujo capítulo XXVII apresenta o seguinte título: «Que enseña como se hara un quadrante, con que se tomarà la altura del Sol, por grados y minutos».

¹⁹Ibid., pp. 136-37.

²⁰Ball, *Great Astronomers*, p. 70.

²¹Brahe, *Astronomiae Instauratae Mechanica*.

²²Ibid.

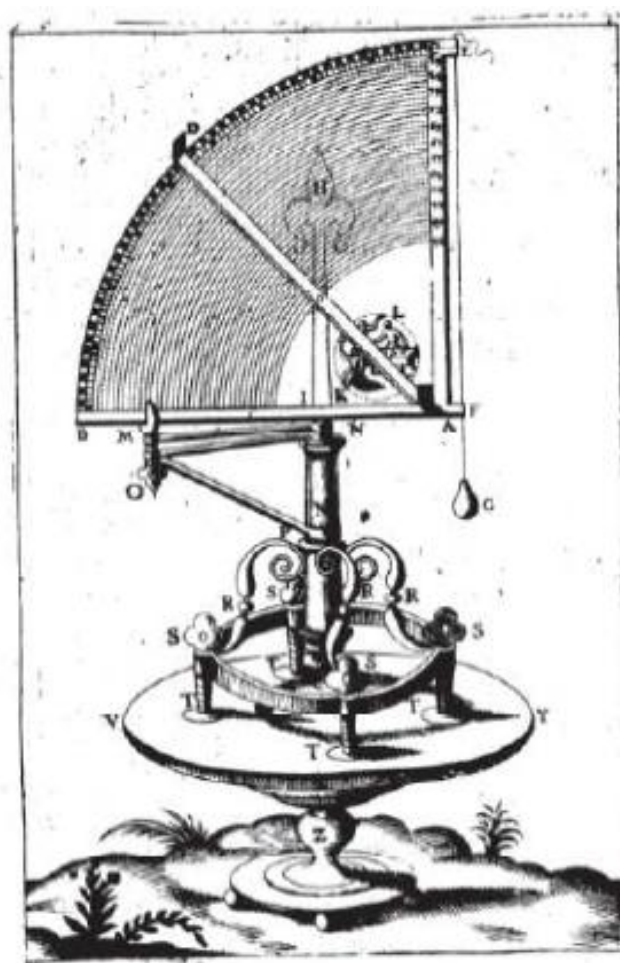


Figura 4.5: Representação do quadrans minor de Tycho Brahe
(imagem retirada de *Astronomiae instauratae Mechanica* de Thyco Brahe)

Nesse capítulo, André Garcia de Céspedes faz uma descrição promenorizada do nónio de Pedro Nunes, e apresenta o autor indicando: «Pone Pedro Nuñez en su libro de nauegacion un quadrante, como se sigue: [...]». Não vamos transcrever o texto onde aparece a descrição do nónio porque é semelhante ao apresentado por Pedro Nunes. Como já indicámos no capítulo anterior sobre o anel náutico, André Garcia de Céspedes esteve em Portugal e contactou com a obra de Pedro Nunes. O seu regimento apresenta várias referências ao cosmógrafo, indica-nos a origem dos instrumentos e descreve as metodologias elaboradas pelo cosmógrafo-mor de Portugal.

Vamos terminar este capítulo com uma explicação ao leitor. Não apresentamos no âmbito deste capítulo a evolução dos divisores que antecederam e sucederam ao nónio, referimo-nos por exemplo aos instrumentos de Clávio e de Vernier. Historicamente existe uma grande dis-

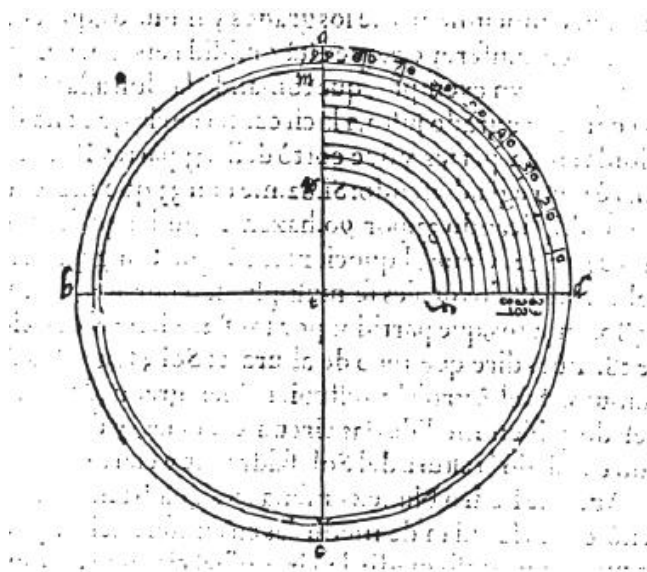


Figura 4.6: Representação do nóvio

(imagem retirada do *Regimiento de Navegacion* de Andrés Garcia de Céspedes)

cussão sobre a prioridade do nóvio em comparação com as metodologias propostas por Clávio e Vernier. Essa discussão essencialmente patriótica motiva a junção de argumentos de parte a parte. Consideramos que os estudos elaborados por António Estácio dos Reis²³ e Rómulo de Carvalho²⁴ escarpelizam o assunto.

O segundo argumento para não termos escrito sobre esse assunto é o facto de partilharmos a opinião de Rómulo de Carvalho que, considerámos ser a melhor abordagem a este problema. Rómulo de Carvalho apresenta a divisão de escalas lineares, com os trabalhos de Levi Ben Gerson no século XIV. A metodologia proposta permitia dividir escalas lineares com aproximação até minutos do grau. Fala no nóvio de Pedro Nunes e depois apresenta os autores com obras publicadas depois do *De Crepusculis*, referimo-nos a Clávio e a Vernier. No entanto, descreve as metodologias como passos evolutivos na procura de métodos de divisão das escalas, todos os autores contribuindo com novidades para a solução do problema, não directamente interligados ou interdependentes. Conforme as palavras de Rómulo de Carvalho:

Em nosso apagado parecer discordamos desta opinião. O nóvio de Pedro Nunes representa um dos momentos da história da evolução destes processos de leituras de pequenos

²³Reis, *O único exemplar vivo do nóvio de Pedro Nunes?*, pp. 29-37. António Estácio dos Reis apresenta uma linha evolutiva colocando o nóvio como predecessor dos métodos de Clávio e Vernier.

²⁴Carvalho, «Posição histórica da invenção do nóvio de Pedro Nunes», pp. 46-76

ângulos e de pequenos comprimentos. É, incontestavelmente, uma valiosa contribuição para a evolução do problema e foi por ser tão valiosa que tanto impressionou os seus contemporâneos. Os subdivisores de clávio e de Vernier já representam outra fase da mesma evolução.²⁵

²⁵Carvalho, «Posição histórica da invenção do nónio de Pedro Nunes», p. 75.

Conclusão

Foram tratados vários assuntos nesta dissertação, mas outros, devido à sua extensão, requerem estudos sectoriais profundos que não poderiam ser feitos neste âmbito. Aproveitamos para deixar aqui breves exemplos de problemas que merecem um estudo pormenorizado:

- Encontrámos vários padres jesuítas que publicaram obras no campo da náutica, matemática e astronomia, utilizando a obra do matemático lusitano para os seus trabalhos. Ficou por estudar de que forma os instrumentos náuticos de Pedro Nunes se difundiram no interior da companhia de Jesus;
- A difusão europeia da obra de Pedro Nunes merece um estudo mais aprofundado: deixámos nesta dissertação alguns exemplos de autores que se referem à obra de Pedro Nunes, mas, muitas dúvidas subsistem sobre o impacto da sua obra;
- O estudo da evolução da arte de navegar para a ciência da navegação no século XVI;
- No decorrer do estudo pareceu-nos que a construção da escala do nónio seria difícil com a tecnologia existente à época e com os procedimentos descritos para a graduação do astrolábio. A graduação dos instrumentos merece um estudo para se entender a capacidade técnica dos artífices e de que forma as metodologias de construção dos instrumentos influenciavam a qualidade das observações.
- Compreender quais as opiniões que os navegantes tinham sobre a instrumentação que estava à sua disposição no início do século XVI

Pedro Nunes viveu no século XVI, numa época em que entre a Europa e a Ásia já se tinham estabelecido rotas regulares e a actividade marítima estava em plena expansão. A sua instrução ocorreu em Salamanca. Dessa cidade foi convocado pelo rei para vir para Lisboa, onde assumiu as funções de Cosmógrafo em 1529 e de Cosmógrafo-mor em 1547. Foi tutor dos infantes e

nobres da corte. Em 1544 iniciou a sua actividade de regente da cadeira de matemática na Universidade de Coimbra, que se prolongou até 1562, ano em que se jubilou. A sua relação próxima com a família real e membros da corte deu-lhe adequado reconhecimento social, e a sua obra grande prestígio científico.

O cosmógrafo legou-nos uma extensa obra no campo da matemática, náutica e astronomia náutica. Entre os seus tratados encontramos vários instrumentos náuticos que pretendiam resolver as limitações identificadas nos instrumentos utilizados à época. Nunes era um matemático teórico, identificava os problemas e conjecturava soluções. Muitas das soluções propostas, embora correctas, não encontraram aceitação entre os pilotos com fraca formação matemática. As divergências não tardaram, devido sobretudo às diferenças entre o pensamento prático dos pilotos e o pensamento teórico do cosmógrafo-mor.

Como cosmógrafo-mor do reino, Pedro Nunes tinha responsabilidades na formação dos pilotos, na supervisão dos exames dos artífices construtores de instrumentos e cartógrafos. Não temos conhecimento de que alguma vez Nunes tenha dado aulas aos pilotos. Avelino Teixeira da Mota estudou o *regimento do cosmógrafo-mor de 1592* e publicou alguma documentação que comprova que ele licenciou por exame alguns cartógrafos e construtores de instrumentos. Sabemos através do próprio que os pilotos não aceitavam as suas ideias e não lhe reconheciam competência: na época a experiência era factor de reconhecimento entre os homens do mar, e criticavam Nunes utilizando o argumento de que ele não conhecia por experimentação os temas de que falava. Entre Nunes e os pilotos estabeleceu-se um clima de hostilidade relacionado com as críticas publicadas pelo cosmógrafo em 1537. Essa incompreensão mútua terá sido um dos motivos pelo qual os seus instrumentos não tiveram a aceitação desejável, outro terá sido também a falta de instrução dos pilotos.

Ao longo da sua obra contactámos com diversos instrumentos náuticos originais. A lâmina das sombras aparece descrita no *Tratado em defensam da carta de marear* e tinha dois objectivos. Primeiro, determinar a variação da agulha. Tema muito estudado na época entre cosmógrafos que acreditavam residir aí a solução para o problema da «altura leste-oeste», ou actualmente designada determinação da longitude. Segundo, fornecer o azimuth ao Sol para determinar a latitude do navio em qualquer momento em que houver Sol por alturas extrameridianas. Este instrumento foi experimentado por D. João de Castro na viagem de Lisboa a Goa em 1538. No início da viagem os resultados foram bons. Porém, em várias ocasiões os resultados foram discrepantes e justificados por D. João de Castro com os defeitos de construção da

poma. Mais tarde, na viagem ao Mar Roxo, aparece descrita a utilização da lâmina das sombras unicamente para determinar a variação da agulha. Estas são as únicas referências conhecidas à utilização prática dos instrumentos de Pedro Nunes. Ainda sobre este instrumento temos uma disputa sobre a sua prioridade na invenção. Manuel Lindo, outro matemático instruído em Salamanca, apresenta-se com tendo sido precursor na invenção do instrumento; comprová-mos que independentemente da disputa, Nunes publicou a sua obra em data anterior e não é possível provar a prioridade de Manuel Lindo até que aparecerem fontes que fundamentem essa reclamação.

O instrumento jacente no plano foi proposto na obra *Petri Nonnii Salaciensis Opera* juntamente com o anel náutico. Procurámos a referência indicada por Luís de Albuquerque de que o instrumento estaria ressuscitado na obra *Via Astronómica*. Após leitura atenta da fonte concluímos que o instrumento indicado apresenta uma origem em pensamentos anteriores. Curiosamente, verificámos que Manuel Lindo propôs uma metodologia para aferir o nível do instrumento, com recurso a dois triângulos rectângulos isósceles com uma montagem semelhante à apresentada por Pedro Nunes.

O anel náutico foi muito difundido entre os autores jesuítas e por Andrés Garcia de Céspedes, um admirador de Pedro Nunes. Foi utilizado fora do contexto da náutica. Encontrámos vários autores teóricos que o apresentam. Os padres jesuítas referem-se com frequência aos instrumentos que terão sido difundidos no sistema de ensino montado pelo instituto, onde se concentravam e proliferavam os conhecimentos matemáticos, astronómicos e náuticos da época. O instrumento é sempre referido como sendo mais preciso do que o astrolábio. Porém, como indicado por Manuel Pimentel e comprovado por Jorge Juan, as suas leituras eram difusas, era difícil de identificar o valor indicado pelos raios solares e isso resultava em erros de até meio grau. A utilização do anel náutico aconteceu no âmbito das observações astronómicas e os seus utilizadores não o acharam mais preciso do que o quadrante.

Por fim, estudámos o nónio. Este instrumento enquadra-se na evolução dos métodos divisores de escalas, neste caso de escalas circulares. Os matemáticos e astrónomos procuravam métodos de sub-dividir as escalas dos instrumentos para aumentar a precisão das observações. Os pilotos encontravam-se satisfeitos com a exactidão fornecida pelo astrolábio, esse instrumento satisfazia as suas necessidades. Existem referências ao nónio na obra de Tycho Brahe e James Kynuyn. Os instrumentos utilizados por Tycho Brahe perderam-se, embora seja certa a utilização do nónio nos seus quadrantes, não se pode comprovar com a observação dos instru-

mentos. No caso do instrumento construído por James Kynuyn, a situação é diferente: António Estácio dos Reis trouxe ao nosso conhecimento um instrumento presente actualmente no museu de Florença e reproduzido na obra *Dell' Arcano dell Mare* que tem implantada a escala do nónio.

No decurso deste trabalho verificámos que os instrumentos náuticos de Pedro Nunes não foram utilizados pelos práticos. Todavia, foram utilizados por astrónomos teóricos com aprofundados conhecimentos matemáticos e com entendimento das soluções apresentadas por Nunes. Embora os instrumentos tenham tido um grande difusão são escassas as referências a utilizações práticas. Jorge Juan e o P^e Feullié utilizaram o anel náutico em observações astronómicas e Tycho Brahe adoptou o nónio para o mesmo fim. Pensamos que a importância dos instrumentos de Pedro Nunes fica demonstrada, não pela prática na náutica mas sim pela sua difusão no meio científico. Os instrumentos de Nunes não tiveram impacto na arte de navegar do seu tempo. Porém, tiveram muito impacto entre os teóricos que os entendiam e modernizaram a ciência da navegação e a astronomia, introduzindo conhecimentos que puderam melhorar o entendimento da realidade geográfica e do universo. A importância de Pedro Nunes fica demonstrada pela quantidade de vezes que a sua obra foi citada entre autores de reconhecida produção científica. Mesmo sem a identificação do seu autor, a obra de Nunes permanece nas páginas das obras científicas dos séculos posteriores.

Fontes e Bibliografia

Fontes Impressas

- Albuquerque, Luís de [ed.]. *Duas obras inéditas do Padre Francisco da Costa*. Macau: Fundação Oriente e Centro de Estudos Marítimos de Macau, 1989.
- *O Guia Náutico de Munique e o Guia Náutico de Évora*. Lisboa: Comissão Nacional para as Comemorações dos Descobrimentos Portugueses, 1991.
- Alves, Joaquim da Felicidade [ed.]. *Conquista de Lisboa aos Mouros em 1147, Carta de um cruzado inglês que participou nos acontecimentos*. 2.^a ed. Tradução portuguesa do original latino pelo Dr. José Augusto de Oliveira. Lisboa: Livros Horizonte, 2004.
- Barros, João de. *Decada primeira da Asia de João de Barros. Dos feitos que os portugueses fizeram no descobrimento e conquista dos mares e terras do Oriente*. Lisboa: Jorge Rodriguez, 1628. URL: <http://purl.pt/21935/2/>.
- Brahe, Tycho. *Astronomiae Instauratae Mechanica*. 1602. URL: <http://tinyurl.com/8momops>.
- Castanheda, Fernão Lopes. *Ho sexto livro da História do descobrimento e conquista da Índia pelos portugueses*. Vol. VI. Coimbra, 1554. URL: <http://purl.pt/15294/2/>.
- Castro, D. João de. *Obras Completas*. Ed. por Armando Cortesão e Luís de Albuquerque. Vol. I. Coimbra: Academia Internacional da Cultura Portuguesa, 1968.
- Cortes, Martin. *Breue compendio de la sphaera y de la arte de nauegar: con nueunos instrumentos y reglas, exemplificado con muy subtiles demonstraciones*. Sevilla: casa de Anton Alvarez, 1551. URL: <http://tinyurl.com/8upb4nk>.
- Costa, António Carvalho da. *Via Astronomica*. Vol. I. Lisboa: Oficina de Francisco Villela, 1676. URL: <http://purl.pt/21845>.

- Davis, John. «The Seaman's Secrets». Em: *The voyages and works of John Davis the navigator*. Londres: Hakluyt Society, 1880, pp. 229–337.
- Dechales, Claude-François Milliet. *L'art de naviger : démontré par principes & confirmé par plusieurs observations tirées de l'expérience / par le R. P. Claude François Millet Dechales*. Paris: Chez Estienne Michallet, 1677. URL: <http://tinyurl.com/9sxy23e>.
- Dudley, Robert. *Dell'arcano del mare*. Florença: Stamperia di Francesco Onofri, 1647. URL: <http://www.doria.fi/handle/10024/59106>.
- Edrisi. *Description de L' Afrique et de L' Espagne par Edrîsî, Text arabe publié pour la première fois d' après les man, de Paris et D' Oxford avec une traduction, des notes et un glossaire*. Ed. por Reinhart Pieter Anne Dozy e Michael Jan de Goeje. Leyde: Leyde, E. J. Brill, 1866. URL: <http://tinyurl.com/csz72ca>.
- ESPAÑA. *Recopilacion de leyes de los Reinos de las Indias. Mandadas imprimir y publicar por la magestad católica del rey Don Carlos II. Nuestro señor. Va dividida en cuatro tomos, con el índice general, y al principio de cada tomo el especial de los titulos que contiene*. Ed. por Ignacio Boix. Madrid, 1841. URL: <http://tinyurl.com/c3snvm2>.
- Faleiro, Francisco. «Tratado da esphera y del arte del marear». Em: *Opera Omnia*. Ed. por Joaquim Bensáude. Vol. V. Lisboa: Academia Portuguesa da História, 1995, pp. 6–110.
- Fernandez de Navarrete, Martin. *Relaciones, Cartas y Otros Documentos, Concernientes a los cuatro viages que hizo El Almirante D. Cristobal Colon para el Descubrimiento de las Indias Occidentales*, Valladolid: Editorial Maxtor, 2005. URL: <http://tinyurl.com/d5gyb29>.
- Fernandez, Valentim. «Reportório dos tempos». Em: *Opera Omnia*. Ed. por Joaquim Bensáude. Vol. V. Lisboa: Academia Portuguesa da História, 1995, pp. 337–482.
- Feuillée, Louis. *Journal des observations physiques, mathematiques et botaniques faites par ordre du roi sur les côtes orientales de l' amerique méridionale, & aux indies occidentales...* Paris: Jean Marquette, 1725.
- *Journal des observations physiques, mathematiques et botaniques faites par ordre du roi sur les côtes orientales de l' amerique méridionale, & dans les indies occidentales, depuis l'année 1707 jusques en 1712*. Paris: Pierre Giffart, 1714.
- Fournier, Georges. *Hydrographie contenant la théorie et la pratique de toutes les parties de la navigation*. Paris: Chez Michel Soly, 1643. URL: <http://tinyurl.com/cojn39v>.
- Garcia de Céspedes, Andrés. *Regimento de Navegación*. Madrid: Casa de Juan de la Cuesta, 1606.

- Góis, Damião de. *Chronica do Felicissimo Rei Dom Emanuel composta per Damiam de Goes diuidida em quatro partes....* Lisboa, 1566. URL: <http://purl.pt/14704/2/>.
- Hues, Robert. *Tractatus de globis et eorum usu, a treatise descriptive of the globes constructed by Emery Molyneux and published in 1592*. London: Hakluyt Society, 1889.
- Juan, Jorge. *Observaciones astronomicas, y phisicas hechas de orden de S. Mag. en los reynos del Perù por D. Jorge Juan, comendador de Aliaga en el Orden de S. Juan, Socto correspondiente de la R. Academia de las Ciencias de Paris, y D. Antonio de Ulloa, de la R. Sociedade de Londres, ambos Capitanes de Fragata de la R. Armada de las quales se deduce la figura, y magnitud de la Tierra y se aplica a la navegacion*. Madrid: Juan de Zuñiga, 1748.
- Leitão, Humberto. *Dois roteiros do século XVI, de Manuel Monteiro e Gaspar Ferreira Reimão atribuídos a João Baptista Lavanha*. Lisboa: Centro de Estudos Históricos Ultramarinos, 1963.
- Linschoten, Jan Huygen Van. *The voyage of John Huygen Van Linschoten to the East Indies from the old English translation of 1598*. Ed. por Hakluyt Society. Vol. II. London, 1885. URL: <http://tinyurl.com/cj2cxau>.
- Lisboa, João de. *Livro de Marinharia. Tratado da agulha de marear de João de Lisboa. Roteiros, sondas e outros conhecimentos relativos à navegação*. Ed. por Jacinto Ignácio de Brito Rebello. Coimbra: Imprensa de Libânio da Silva, 1903.
- Matos, Luís de. *Livro de marinharia inédito*. Lisboa, 1969.
- Nunes, Pedro. *Obras. De arte atque ratione nauigandi*. Vol. IV. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 2008.
- *Obras. De crepusculis*. Vol. II. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 2003.
- *Obras. Tratado da Sphera. Astronomici Introductorii de Spaera Epitome*. Vol. I. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 2002.
- *Petri Nonii Salaciensis De Arte Atque Ratione Nauigandi Libri Duo. Eiusdem in theoricis Planetarum Georgij Purbachii annotationes, & in Problema mechanicum Aristotelis de motu nauigij ex remis annotatio vna. Eiusdem De erratis Orontij Finoei Liber vnus. Eiusdem de Crepusculis lib. I. Cum libello Allacen de causis Crepusculorum*. Coimbra: Antonio Mariz, 1578. URL: <http://purl.pt/14448>.
- Oliveira, Simão de. *Arte de Navegar*. Lisboa: Pedro Crasbeeck, 1606.

- Peuerbach, Georg von. *Quadratu[m] geometricu[m] / praeclarissimi Georgii Burbachii*. Nuremberga, 1516. URL: <http://www.e-rara.ch/doi/10.3931/e-rara-2022>.
- Pimentel, Luis Serrão. *Pratica de Navegar e Regimento de Pilotos*. Lisboa: Antonio Craesbeeck de Mello, 1681. URL: <http://tinyurl.com/crdws54>.
- Pimentel, Manuel. *Arte de Navegar*. Lisboa: Oficina de Francisco da Silva, 1746. URL: <http://tinyurl.com/boaz8oq>.
- Ptolemaeus, Claudius. *Almagestum*. Petrus Lichtenstein, 1515. URL: <http://tinyurl.com/3m9qkxq>.
- Rico y Sinobas, Don Manuel. *Libros del saber de astronomia del Rey D. Alfonso X de Castilla*. Vol. Tomo II. Madrid: Tipografia de don Eusebio Aguado, 1863. URL: <http://tinyurl.com/cstceo2>.
- *Libros del saber de astronomia del Rey D. Alfonso X de Castilla*. Vol. Tomo III. Madrid: Tipografia de don Eusebio Aguado, 1864. URL: <http://tinyurl.com/cz58jde>.
- Santa Cruz, Alonso de. *Libro de las longitudes y manera que hasta agora se ha tenido en el arte de navegar, con sus demostraciones y ejemplos ...* Sevilla: Tip. Zarzuela, 1921.
- Snellii, Willebrordi. *Tiphys Batavus, sive histiodromice, De navium cursibus, et re navali*. Lugduni Batavorum ex Officinâ Elzeviriana, 1624. URL: <http://tinyurl.com/cr36m8b>.
- Soares, Torquato de Sousa. *Crónica dos feitos notáveis que se passaram na conquista da Guiné por mandado do Infante D. Henrique*. Ed. por Academia Portuguesa de História. Vol. I. Academia Portuguesa de História, 1978.
- Toomer, G. J. [Trad. e Ed.]. *Ptolomy's Almagest*. Princeton: Princeton University Press, 1998.
- Vinet, Élie. *Sphaera Ioannis de Sacrobosco emendata*. 1562. URL: <http://tinyurl.com/cwss768>.
- Wright, Edward. *Certain errors in navigation detected and corrected by Edw. Wright; with many additions that were not in the former editions (1657)*. Joseph Moxon, 1657.
- Zamorano, Rodrigo. *Compendio del arte de nauegar / del licenciado Rodrigo Çamorano, cosmografo y piloto mayor de su Magestad, catedratico de cosmografia en la casa de la Contratacion de las Indias*. Sevilla: Juan León, 1591. URL: <http://tinyurl.com/d949ev9>.

Bibliografia

Obras de Referência

American Pratical Navigator. 2002.

Costa, A. Fontoura da. *A Marinharia dos Descobrimentos*. 4^a. Lisboa: Edições Culturais da Marinha, 1983.

Dicionário de História dos Descobrimentos. 2 vols. Luís de Albuquerque [dir.] e Francisco Contente Domingues [coord.] Lisboa: Círculo de Leitores, 1994.

Estudos

Albuquerque, Luís de. «O «Tratado da Agulha de Marear» de João de Lisboa; Reconstituição do seu texto, seguida de uma versão Francesa com anotações». Em: *Revista da Universidade de Coimbra*. Vol. XXIX. Lisboa: Instituto de Investigação Científica Tropical, 1981. URL: <http://tinyurl.com/8ov6jej>.

— «Pedro Nunes e os homens do mar do seu tempo». Em: *Oceanos - Pedro Nunes* 49 (2002). Ed. por Comissão Nacional para as Comemorações dos Descobrimentos Portugueses.

Albuquerque, Luís de. «A arte de navegar na época dos grandes descobrimentos». Em: *História naval brasileira*. Serviço de documentação da marinha, 1975, pp. 23–52.

— «A Bússola e a declinação magnética». Em: *Estudos de História*. Vol. IV. Universidade de Coimbra, 1976, pp. 112–162.

— «Instrumentos de alturas e a técnica da navegação». Em: *Estudos de História*. Vol. IV. Coimbra: Universidade de Coimbra, 1976, pp. 1–179.

Almeida, Bruno. «Pedro Nunes and seamen: a study in the transmission of scientific knowledge». Em: *SYNERGIA: primer encuentro de Jóvenes Investigadores en Historia de la Ciencia*. Ed. por Néstor Herrán. Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Madrid: CSIC, 2007, pp. 349–362.

Baião, António. *O Matemático Pedro Nunes e sua família à luz de documentos inéditos*. Boletim de Segunda Classe da Academia de Ciências de Lisboa. 1916.

BIBLIOTECA NACIONAL. *Pedro Nunes, 1502-1578: novas terras, novos mares e o que mays he : novo ceo e novas estrellas*. Ed. por Henrique Leitão. Lisboa, 2002.

- Calvo, Emilia; et al. *A Shared Legacy: Islamic Science East and West : Homage to Professor J. M. Millàs Vallicrosa*. Universidade de Barcelona, 2008. URL: <http://tinyurl.com/98rsqnw>.
- Canas, António Costa. «A obra náutica de João Baptista Lavanha (c. 1550-1624)». Tese de doutoramento em História: Especialidade - História dos descobrimentos e expansão. Faculdade de Letras da Universidade de Lisboa, 2011.
- Carvalho, Joaquim de. «Pedro Nunes, Defensão do tratado da rumação do globo para a arte de navegar». Em: *Revista da Universidade de Coimbra* (1952).
- Carvalho, Rómulo Vasco da Gama de. «Posição histórica da invenção do nónio de Pedro Nunes». Em: *Revista da pedagogia e cultura* (1960). URL: <http://tinyurl.com/c4kafp3>.
- Cortesão, Armando. *Cartografia e Cartógrafos portugueses dos séculos XV e XVI. Contribuição para um estudo completo*. Vol. II. Seara Nova, 1935.
- Costa, João Paulo Oliveira e. *Henrique, O Infante*. A Esfera dos Livros, 2009.
- Fernandez de Navarrete, Martin. *Biblioteca marítima española*. Vol. 1. 2 vols. Madrid: Imprenta de la Viuda de Calero, 1851.
- Fonseca, Fernando Taveira da. *Pedro Nunes na Universidade II - Coimbra*. 2002.
- Garcia Franco, Salvador. *Instrumentos nauticos en el Museo Naval*. Imprenta del Ministerio de Marina, 1959.
- Gaspar, Joaquim Filipe Figueiredo Alves. «From the portolan chart of the Mediterranean to the latitude chart of the atlantic, Cartometric analysis and modeling.» Tese de doutoramento. Instituto Superior de Estatística e Gestão de Informação, Universidade Nova de Lisboa, 2010. URL: <http://tinyurl.com/bqc8m9y>.
- Guimarães, Rodolfo. «Vida e descendência de Pedro Nunes». Em: *Boletim da segunda classe da Academia de Ciências de Lisboa* (1914).
- King, David A. «A "Vetustissimus" Arabic treatise on the "Quadrans vetus"». Em: *Journal for the History of Astronomy* 33.112 (ago. de 2002), pp. 237–255.
- Leitão, Henrique. «Sobre a difusão europeia da obra de Pedro Nunes». Em: *Oceanos - Pedro Nunes* 49 (2002).
- «*Ars e ratio*: A náutica e a constituição da Ciência Moderna». Em: *XII Reunion Internacional de Historia de la Nautica y de la Hidrografia—La ciencia y el mar*. Valladolid: [s.n.], 2006, pp. 183–207.

- Mattoso, José. «Os antepassados dos navegadores». Em: *Naquele Tempo, Ensaios de História Medieval*. Círculo de Leitores, 2009, pp. 237–256.
- Mota, Avelino Teixeira da. *O Regimento de Altura de Leste Oeste de Rui Faleiro. Subsídios para o Estudo Náutico e Geográfico da Viagem de Fernão de Magalhães*. Lisboa: Edições Culturais da Marinha, 1986.
- «Os Regimentos do cosmógrafo-mor de 1559 e 1592 e as origens do ensino náutico em Portugal». Em: *Memórias da Academia das Ciências de Lisboa (Classe Ciências)*. 13. Lisboa, 1969, pp. 227–291.
- Olival, Fernanda. «Rigor e interesse: Os estudos de limpeza de sangue em Portugal». Em: *Cadernos de Estudos Sefraditas* 4 (2004), pp. 151–182. URL: <http://dspace.uevora.pt/rdpc/handle/10174/2537>.
- Pereira, José Manuel Malhão; Pedrosa, Fernando Gomes. «Instrumentos e métodos de navegação». Em: *Navios, Marinheiros e Arte de navegar (1139-1499)*. Academia de Marinha, 1997, pp. 251–75.
- Pereira, Maria Teresa Lopes. *Pedro Nunes. Em busca das suas origens*. Lisboa: Edições Colibri, 2009.
- Reis, António Estácio dos. «O quadrante náutico». Em: *Revista da Universidade de Coimbra* XXXIV (1988). Separata da Revista da Universidade de Coimbra, pp. 243–273.
- *O único exemplar vivo do nónio de Pedro Nunes?* Academia de Marinha. 1995.
- Ribeiro, António Silva. *Cartografia náutica portuguesa dos séculos XV a XVII*. Instituto Hidrográfico, 2010.
- Santos, António Ribeiro dos. «Memória da vida e escritos de Pedro Nunes». Em: *Memórias da Literatura Portuguesa*. Real Academia de Ciências de Lisboa, 1806.
- Silva, Jorge Moreira da. «Outro método de Pedro Nunes para determinação da latitude por alturas extrameridianas». Em: *Actas das Jornadas do mar 2008 - O Oceano, Riqueza da Humanidade*. 2008.
- Silva, Luciano Pereira da. «A arte de navegar dos Portugueses, desde o Infante a D. João de Castro». Em: *Obras completas*. Vol. II. Lisboa: Agência Geral das Colónias, 1945, pp. 223–432. URL: <http://purl.pt/16525/2/>.
- «Pedro Nunes espoliado por Alonso de Santa Cruz». Em: *Obras Completas*. Vol. III. Lisboa: Agência Geral das Colónias, 1946, pp. 161–184.
- Sintra, Diogo Gomes de. *Descobrimento Primeiro da Guiné*. Edições Colibri, 2002.

- Taylor, E. G. R. *The Haven Finding Art. A History of Navigation from Odisseus to Captain Cook*. Londres: Hollis & Carter, 1956.
- Viterbo, Francisco Marques de Sousa. *Trabalhos náuticos dos portugueses dos séculos XV e XVI*. Lisboa: Imprensa Nacional–Casa da Moeda, 1998.
- Waters, David. *The art of navigation in England in Elizabethan and early Stuart times*. Vol. II. Greenwich: National Maritime Museum, 1978.

Recursos Online

Sítios da Internet

- Astronomia e Astrofísica*. Departamento de Astronomia do Instituto de Física da UFRGS. URL: <http://astro.if.ufrgs.br/coord.htm>.
- Infopédia - Enciclopédias e Dicionários Porto Editora*. Porto Editora. URL: <http://www.infopedia.pt>.
- Literatura Digital*. URL: <http://www.literaturabrasileira.ufsc.br/>.
- LUSODAT - Bases de dados sobre história da ciência, da medicina e da técnica em Portugal e Brasil, do Renascimento até 1900*. URL: <http://tinyurl.com/brpmhf4>.
- Schmidl, Petra G. *Two Early Arabic Sources on the Magnetic Compass*. English. Journal of Arabic e Islamic Studies. (1996–7). URL: <http://www.lancs.ac.uk/jais/volume/index.htm>.
- Velho, Bartolomeu. *Guide To Medieval and Renaissance Manuscripts in the Huntington Library - Manuscript HM44: BARTOLOMEU VELHO, PORTOLAN ATLAS, Portugal, ca. 1560*. Huntington Library. URL: <http://tinyurl.com/cgf9jc6>.